

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

ANTONIO BATISTA

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA AVALIAR A  
CAPACIDADE DE DISSOLUÇÃO DO TECIDO  
PULPAR BOVINO NO CANAL RADICULAR PELO  
HIPOCLORITO DE SÓDIO**

Tese de Doutorado  
apresentada à Faculdade de  
Odontologia de Piracicaba da  
UNICAMP para obtenção do  
título de Doutor em Clínica  
Odontológica, área de  
Endodontia

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Augusto Zaia

Este exemplar corresponde à  
versão final da Tese defendida  
pelo aluno, e orientada pelo  
Prof.Dr. Alexandre Augusto Zaia

---

Assinatura do Orientador

PIRACICABA, 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR  
MARILENE GIRELLO – CRB8/6159 - BIBLIOTECA DA  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA UNICAMP

B32p Batista, Antonio, 1964-  
Proposta de metodologia para avaliar a capacidade de  
dissolução do tecido pulpar bovino no canal radicular pelo  
hipoclorito de sódio / Antonio Batista. -- Piracicaba, SP : [s.n.],  
2012.

Orientador: Alexandre Augusto Zaia.  
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas,  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Canal radicular - Tratamento. 2. Polpa dentária. 3. Preparo  
de canal radicular. 4. Endodontia. I. Zaia, Alexandre Augusto,  
1968- II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações para a Biblioteca Digital

**Título em Inglês:** Proposed methodology for assessing the capacity of the  
pulp bovine dissolution in root canal by sodium hypochlorite

**Palavras-chave em Inglês:**

Root canal therapy  
Dental pulp  
Root canal preparation  
Endodontics

**Área de concentração:** Endodontia

**Titulação:** Doutor em Clínica Odontológica

**Banca examinadora:**

Alexandre Augusto Zaia [Orientador]  
Francisco José de Souza Filho  
Adriana de Jesus Soares  
Carlos Roberto Berger  
Ana Carolina Rocha Lima Caiado

**Data da defesa:** 27-02-2012

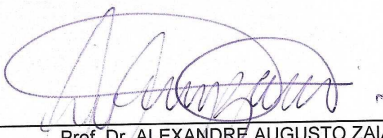

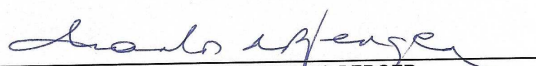
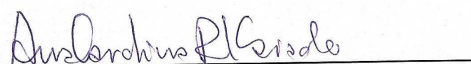
**Programa de Pós-Graduação:** Clínica Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado, em sessão pública realizada em 27 de Fevereiro de 2012, considerou o candidato ANTONIO BATISTA aprovado.

  
Prof. Dr. ALEXANDRE AUGUSTO ZAIA  
Prof. Dr. FRANCISCO JOSE DE SOUZA FILHO  
Profª. Dra. ADRIANA DE JESUS SOARES  
Prof. Dr. CARLOS ROBERTO BERGER  
Profª. Dra. ANA CAROLINA ROCHA LIMA CAIADO

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha esposa Lucilene pelo amor, compreensão e companheirismo.

A minha amada filha Marjorie, o maior e melhor presente que já tive. Seu carinho e meiguice me conquistam a cada dia. Meu coração te pertence.

A meus pais, Gilberto e Alda, pela minha formação e por mostrarem o caminho correto da vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, Professor Dr. Jacks Jorge Junior, pela oportunidade de poder estudar nesta instituição.

A Professora Dra. Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia, coordenadora dos cursos de pós-graduação da FOP-Unicamp.

Ao Professor Dr. Márcio de Moraes Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica.

A Professora Dra. Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia, coordenadora do curso de pós-graduação em Clínica Odontológica da FOP-Unicamp.

A Professora Dra. Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes, representante docente da área de concentração de Endodontia do curso de pós-graduação em Clínica Odontológica da FOP-Unicamp, pela gentileza e carinho.

Aos Professores de Endodontia da FOP-Unicamp, Dr. Alexandre Augusto Zaia, Dra. Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes, Dr. Caio César Randi Ferraz, Dr. Francisco José de Souza-Filho e Dr. José Flávio Affonso de Almeida, pela amizade, disponibilidade e colaboração sempre presente.

Ao Prof. Dr. Alexandre Augusto Zaia, orientador, por sua gentileza, carinho, amizade e prestatividade para ajudar a resolver meus problemas.

Aos colegas do curso e de outras turmas, Ana Carolina Rocha Lima Caiado, Carlos Roberto Berger, Danna Mota Moreira, Estela Marta Doffo de Winocur, Elilton Pinheiro, Gabriel Rocha Campos, Jefferson José de Carvalho Marion, Mário Zuolo, Marcos Frozoni, Nilton Vivacqua Gomes, Noboru Imura e Ricardo Ferreira pela amizade conquistada e pelas preciosas informações que foram compartilhadas durante o curso.

Ao Coordenador do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Saúde, Professor Dr. José Miguel Amenábar Céspedes pela dedicação ao curso.

Ao Chefe do Departamento de Odontologia Restauradora da Universidade Federal do Paraná, Professor Dr. Alexandre Roberto Heck pelo apoio recebido.

Ao Professor Joel Bley Sobrinho, ex-Chefe do Departamento de Odontologia Restauradora da Universidade Federal do Paraná, pelo empenho, dedicação e carinho com que conduziu o Departamento.

A amiga Professora Dra. Marili Doro Andrade Deonísio, colega de Disciplina, pelo companheirismo e dedicação a Endodontia.

Ao Professor Alexandre Kowalczuck, pelo convívio e educação sempre presente.

A Professora Dra. Denise Piotto Leonardi, da Universidade Positivo, pela grande ajuda no uso do programa para leitura dos resultados.

Ao Professor Dr. Paulo Guimarães pela elaboração da análise estatística.

A Professora Dra. Thelma Alvim Veiga Ludwig do Laboratório de Ficologia do Departamento de Botânica do Setor de Ciências Biológicas Universidade Federal do Paraná pela gentileza acolhida e por permitir o uso do microscópio para documentação das lâminas dos histológicos.

Ao Professor Herculano Reis Filho (Nino) do Laboratório de Histotecnologia do Departamento de Biologia Celular da Universidade Federal do Paraná por ter me recebido tão carinhosamente, pela gentileza e cuidado no processamento das lâminas histológicas da parte experimental.

A todos que, de uma maneira geral, contribuíram para este trabalho.

## AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao **Professor Dr. Carlos Roberto Berger**, pelo carinho e atenção em me ajudar a obter este título na minha carreira profissional. Exemplo de dedicação à Endodontia e ao ensino, no qual sempre tive inspiração para meus trabalhos. Minha gratidão.

Ao **Professor Dr. Francisco José de Souza-Filho**, pessoa que tive oportunidade de conhecer e admirar, pela sua competência, pelo carinho e respeito com que trata as pessoas e pela sua maneira de pensar a respeito da Endodontia.

Ao **Professor Dr. Gilson Blitzkow Sydney**, amigo e companheiro de longa data. Sua contínua busca em diferentes maneiras de melhorar transmitir conhecimentos o torna um grande educador, e o convívio contigo faz as pessoas enriquecerem cientificamente. Obrigado por poder ter participado todo este tempo contigo.

Ao **Professor Dr. Luciano Loureiro de Melo**, que além de me ensinar a arte da Endodontia, me ensinou muitas coisas importantes da vida. Sempre terá um lugar reservado no lado esquerdo de meu peito.

*“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.”*

*Fernando Sabino*

*“Eu talvez não tenha muitos amigos.  
Mas os que eu tenho são os melhores que alguém poderia ter.  
Além disso, tenho sorte porque os amigos que tenho têm muitos  
amigos e os dividem comigo.  
Assim o meu número de amigos sempre aumenta,  
já que eu sempre ganho amigos dos meus amigos.  
Foi assim aqui, uns eu ganhei há tempos, outros são mais recentes.  
E quem os deu não ficou sem eles, pois a amizade pode sempre ser  
dividida sem nunca diminuir ou enfraquecer.  
Pelo contrário, quanto mais dividida, mais ela aumenta.  
E há mais vantagens na amizade: é uma das poucas coisas que não  
custam nada e valem muito, embora não sejam vendáveis.  
Entretanto, é preciso que se cuide um pouco das amizades. As mais recentes, por  
exemplo, precisam de alguns cuidados. Poucos é verdade, mas indispensáveis.  
É preciso mantê-las com certo calor, falar com elas mais amiúde e no início,  
com muito jeito.  
Com o tempo elas crescem, ficam fortes e até suportam alguns trancos.  
Prezo muito minhas amizades e reservo sempre um canto no  
meu peito para elas.  
E, sempre que surge a ocasião, também não perco a oportunidade de dar  
um amigo a um amigo, da mesma forma que eu ganhei.  
E não adiantam as despedidas, de um amigo ninguém se livra fácil.  
A amizade além de contagiosa é totalmente incurável”.*

*Vinicius de Moraes*



## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar o poder de dissolução pulpar da solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) em função da concentração e tempo de contato por meio de uma nova metodologia. Foram utilizados 120 dentes incisivos recém extraídos de bovinos armazenados em freezer à -20°C. O dente foi seccionado de modo a manter 15 mm da raiz a partir do ápice e, então inserido em alvéolo artificial confeccionado com silicone de adição. Removeu-se o dente do alvéolo e seccionou-o em duas partes. No fragmento apical (5 mm) a polpa foi mantida. No fragmento coronário (10 mm) a polpa foi removida e o canal radicular regularizado com brocas largo #3 e #4, onde seria preenchido com a solução irrigadora testada. Os dentes foram remontados no alvéolo artificial e os fragmentos unidos por meio do cimento resinoso autoadesivo RelyX U100 (3M ESPE). Foi utilizado o NaOCl 1% (n=30), 2.5% (n= 30) e 5.25% (n=30) em tempos de 10, 30 e 60 minutos de contato com a polpa do fragmento apical, renovando-a em intervalos de 10 minutos. Solução fisiológica foi utilizada como controle (n=30). Após os tempos, os dentes foram removidos dos alvéolos e os fragmentos separados. O fragmento coronário foi descartado e o apical colocado em tubo de ensaio contendo solução de formol 10% e submetido a processamento histológico onde cortes de 7µm foram obtidos. As lâminas foram fotografadas em microscópio óptico binocular em aumentos de 40X e com auxílio do programa ImageTools 3.0 analisou-se à area da polpa dissolvida. Análise estatística foi realizada utilizando o teste de Kruskal-Wallis ( $p<0,05$ ) que mostrou não haver diferenças estatísticas significativas entre as concentrações de 1% e 2.5% nos tempos de 10 e 30 minutos, com dissolução pulpar de 8,31% ( $\pm 4,69\%$ ) e 11,22% ( $\pm 6,75\%$ ) e de 34,33% ( $\pm 25,53\%$ ) e 32,92% ( $\pm 33,02\%$ ) respectivamente. Observou-se que, tanto o NaOCl 1% quanto o 2.5% no tempo de 10 minutos, não apresentou diferenças estatísticas significativas em relação ao soro fisiológico (2,53%  $\pm$  2,10%). No tempo de 60 minutos é que foi observada diferença estatística significativa entre o NaOCl 1% e 2.5%, com dissolução pulpar de

64,23% ( $\pm 24,46\%$ ) e 95,24% ( $\pm 5,76\%$ ) respectivamente. Para o NaOCl 5.25% a dissolução pulpar foi maior que o NaOCl 1% e 2.5% nos tempos de 10 e 30 minutos com diferenças estatísticas significativas, porém, em 60 minutos não apresentou diferenças estatísticas significativas em relação ao NaOCl 2.5%. Quando o NaOCl 5.25% permaneceu por 60 minutos de contato houve 100% de dissolução pulpar. Concluiu-se que a metodologia utilizada mostrou-se adequada em analisar a dissolução tecidual, e que esta foi maior à medida em que se aumentou a concentração e o tempo de contato do NaOCl.

Palavras chave: hipoclorito de sódio, dissolução pulpar, substâncias irrigadoras.

## ABSTRACT

This work aimed to assess the pulp dissolution capacity of sodium hypochlorite solution (NaOCl) according to concentration and contact time using a new methodology. One hundred and twenty recently extracted mandibular bovine incisors, stored in a freezer at  $-20^{\circ}\text{C}$ , were used. Teeth were cut at 15 mm from the root apex and inserted in an artificial socket made of addition silicone impression material. The teeth were then removed from the socket and sectioned in two parts. Pulp was kept intact in the 5 mm apical fragment while in the coronal fragment (10 mm) the pulp was removed and the canal walls enlarged using # 3 and # 4 largo drills, so that it could be filled with the tested solutions. Teeth were rebuilt in the artificial socket and fragments bonded using the self-adhesive resin cement RelyX U100 (3M ESPE). NaOCl solution at 1% (n=30), 2.5% (n=30) and 5.25% (n=30) were tested at 10, 30, and 60 minutes contact with the pulp of the apical fragment, renewing the solution every 10 minutes. Saline solution irrigation was used as control. The teeth were then removed from the socket and the apical and coronal fragments separated. The coronal fragment was discarded and the apical fragment put into a test-tube containing formaldehyde solution 10% followed by histological processing. Sections of  $7\mu\text{m}$  were obtained. Slides were photographed under an optic binocular 40X microscope and, the area dissolved by the action of irrigation solutions was analyzed using ImageTools 3.0 software. Statistical analysis was performed employing Kruskal-Wallis ( $p<0.05$ ). Results showed that there were no significant statistical difference between 1% and 2.5% NaOCl in 10 and 30 minutes of contact, with pulp dissolution of 8,31% ( $\pm 4,69\%$ ) and 11,22% ( $\pm 6,75\%$ ) and 34,33% ( $\pm 25,53\%$ ) and 32,92% ( $\pm 33,02\%$ ), respectively. It was also observed that there were no significant statistical differences between both 1% and 2.5% NaOCl and saline solution ( $2,53\% \pm 2,10\%$ ) at 10 minutes of contact. Only at 60 minutes was there significant statistical difference between NaOCl 1% and 2.5%, with the dissolution of pulp at 64,23% ( $\pm 24,46\%$ ) and at 95,24% ( $\pm 5,76\%$ ), respectively. Pulp dissolution was greater for 5.25% than 1% and 2.5% NaOCl in 10 and 30

minutes contact with significant statistical difference, but at 60 minutes there were no difference for 2.5% NaOCl. Only when the NaOCl 5.25% remained in contact for 60 minutes there was 100% pulp dissolution. It is possible to conclude that the methodology employed was appropriate to examine bovine pulp tissue dissolution using NaOCl. Tissue dissolution increased with concentration and contact time.

Key words: sodium hypochlorite, pulp dissolution, irrigation solutions endodontics.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1 Propriedades do hipoclorito de sódio	5
2.2 Metodologias utilizadas para avaliar a dissolução tecidual do hipoclorito de sódio	11
2.3 Ação da instrumentação e de outros recursos para avaliar a dissolução tecidual do hipoclorito de sódio	23
<b>3 PROPOSIÇÃO</b>	<b>31</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>32</b>
4.1 Desenvolvimento da metodologia	32
4.2 Utilização do hipoclorito de sódio	40
4.3 Processamento histológico	44
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>49</b>
<b>6 DISCUSSÃO</b>	<b>55</b>
6.1 Em relação à metodologia	55
6.2 Em relação aos resultados	59
<b>7 CONCLUSÃO</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>76</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A terapia endodôntica apresenta objetivos bem definidos, limpeza e modelagem dos canais radiculares, que são os procedimentos químicos e mecânicos responsáveis pela eliminação do tecido pulpar, vivo ou decomposto e dos possíveis microorganismos presentes com conseqüente criação de um espaço único e exclusivo para cada canal radicular (Schilder, 1974).

Embora definidos separadamente, durante a terapia endodôntica, uma tarefa extremamente difícil é conseguir apontar o momento em que termina a limpeza e inicia-se a modelagem. A modelagem é tarefa exclusiva da ação mecânica dos instrumentos endodônticos, porém a limpeza não está limitada somente à ação das substâncias químicas e irrigadoras. A limpeza é obtida pela ação mecânica dos instrumentos endodônticos e potencializada pela ação das substâncias químicas auxiliares e, pelo fluxo e refluxo da substância irrigadora, a qual promove arrasto mecânico dos produtos orgânicos e inorgânicos para fora dos canais radiculares. Assim, um canal completamente limpo somente poderá ser conseguido quando este estiver adequadamente modelado, e quanto melhor for a qualidade da modelagem, melhor terá sido a da limpeza.

O hipoclorito de sódio (NaOCl), em diferentes concentrações, é a substância química auxiliar da instrumentação e solução irrigadora mais utilizada. Ação antimicrobiana, dissolução de tecido orgânico, transformação de aminas em cloraminas e efeito desodorizante, são algumas propriedades que o fazem ser selecionado para uso endodôntico (McComb *et al.*, 1976; Moodnik *et al.*, 1976; Abou-Rass & Oglesby, 1981; Baumgartner & Cuenin, 1992; Gambarini *et al.*, 1998; Santos, 1999; Spanó *et al.*, 2001; Estrela *et al.*, 2002).

O NaOCl apresenta eficiente potencial de atuação sobre matéria orgânica, evidenciado pelos trabalhos de Abou-Rass & Oglesby (1981), Barbizam *et al.* (2002), Zehnder *et al.* (2002), Naenni *et al.* (2004), Okino *et al.* (2004), Sirtes *et al.* (2005), Siqueira *et al.* (2005), Cristensen *et al.* (2008), Cobankara *et al.*

(2010) e Stojicic *et al.* (2010) que testaram em diferentes tipos de tecido conjuntivo, como polpas humanas, polpas bovinas, tecido muscular suíno, fígado de coelho e gengiva bovina. Estes trabalhos “*in vitro*” utilizaram metodologias onde pequenos fragmentos de tecido conjuntivo foram colocados em recipientes com grande volume do NaOCl, muitas vezes auxiliado por centrífugas para promover agitação ou elevando-se a temperatura para aumentar o poder de dissolução. Nestas condições foi observado que quanto maior a concentração do NaOCl, o tempo de contato, variação no pH e aumento da temperatura, mais rapidamente ocorria a dissolução tecidual. Entretanto, estes achados embora verdadeiros, podem não representar os mesmos resultados que podem ser encontrados durante a terapia endodôntica.

As limitações que os canais radiculares apresentam não são reproduzidas nestas avaliações. O reduzido espaço do canal radicular, as variações anatômicas, o volume da substância química utilizada, o tempo de contato, a frequência da renovação, o calibre e profundidade de penetração da agulha irrigadora, a curvatura do canal e a conicidade do preparo podem interferir na propriedade de limpeza e dissolução tecidual do NaOCl (Moorer & Wessenlink, 1982). Isto pode ser observado pelos trabalhos de Arruda *et al.* (2003), Barato-Filho *et al.* (2004), Ferreira *et al.* (2008), Bruzadelli (2006) e De-Deus *et al.* (2009) que analisaram o efeito que o preparo químico-mecânico apresenta na capacidade de limpeza do tecido pulpar após a completa modelagem. Mesmo utilizando NaOCl 5.25%, verificaram a permanência de tecido orgânico em áreas onde os instrumentos não atuaram. Também Senia *et al.* (1971) observaram que a efetividade do NaOCl 5.25% ocorria somente nas áreas mais amplas dos canais, e que nos milímetros finais o poder de dissolução era deficiente, semelhante ao da solução salina.

Assim, verifica-se que a dissolução tecidual do NaOCl varia em função do método de avaliação. Este trabalho teve por objetivo introduzir uma nova metodologia para avaliar o potencial de dissolução do tecido pulpar bovino pelo NaOCl dentro do canal radicular.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O NaOCl é considerado um composto halogenado por apresentar cloro na sua formulação. A série química dos halogênios é o grupo 17 (7A) da tabela periódica dos elementos, formado pelos seguintes elementos: Flúor (F), Cloro (Cl), Bromo (Br), Iodo (I), Astató (At) ou Astatínio e Ununséptio (Uus).

Os hipocloritos são sais provenientes do ácido hipocloroso (HClO) e são mais importantes que o próprio ácido correspondente devido à dificuldade de obtê-lo, que é conseguida por meio da eletrólise de cloreto de sódio (NaCl). Ao se produzir hidróxido de sódio e gás cloro, faz-se os dois reagirem entre si, conforme as reações abaixo:



Devido a alta sensibilidade, o NaOCl não pode ser obtido anidro, pois ao se aquecer, o cloro se desprende sob a forma de gás, restando unicamente hidróxido de sódio.

O primeiro relato do uso do NaOCl data de 1792 com o nome de água de Javele, o qual era constituído de uma mistura de NaOCl e Potássio. Em 1820, Labarraque, químico francês, obteve o NaOCl com teor de cloro ativo de 2.5% que foi destinado para a desinfecção de feridas (Borin *et al.*, 2007).

Em 1915, Henry Drysdale Dakin, químico inglês, e o cirurgião Alexis Carrel, durante a primeira guerra mundial, divulgaram o uso do NaOCl 0.5% neutralizado pelo ácido bórico (Dakin, 1915) e observou que ao tratar feridas com a solução de NaOCl 2.5%, embora houvesse a desinfecção, a cicatrização ocorria lentamente em consequência da alta concentração de hidróxido de sódio, o responsável pela irritação tecidual, independente da concentração do NaOCl. Foi proposto então uma nova formulação diluindo o NaOCl 2.5% até obter a concentração de 0.5% e utilizou com a mesma finalidade. Ainda foi observado que



continuava a obter os mesmos resultados, ou seja, desinfecção, mas com cicatrização lenta. Ele verificou que o NaOCl, quer 0.5% ou 2.5%, apresentavam pH próximos em virtude das hidroxilas livres. Esta demora na cicatrização era devido ao grande teor de hidróxido de sódio presentes nas soluções de NaOCl. Assim, neutralizou a solução de NaOCl 0.5% com ácido bórico à 0.4% que reduziu o pH da solução para próximo do neutro (Pécora & Estrela, 2004). Esta solução é mais neutra, porém menos estável, mas permitiu a ação desinfetante sem a ação de hidroxilas livres. Com a adição do ácido bórico ocorria a formação de borato de sódio na solução, evitando assim a presença de hidroxilas livres que são as responsáveis pela ação irritante nos tecidos. Esta nova solução ficou conhecida como solução de Dakin, porém, nem toda apresentação de NaOCl 0.5% é considerada solução da Dakin, mas somente aquela neutralizada pelo ácido bórico (Pécora & Estrela, 2004).

Qualquer solução de NaOCl com pH elevado, em torno de 11 a 12, é mais estável e a liberação de cloro mais lenta. A medida em que se reduz o pH da solução, quer por meio do ácido bórico ou do bicarbonato de sódio (solução de Dausfrene), a solução fica muito instável e a perda de cloro é mais rápida. Com isto o tempo de vida útil da solução torna-se limitada (Estrela *et al.*, 2002; Zehnder *et al.*, 2002).

Em 1917, Barrett difundiu o uso da solução de Dakin para ser utilizado na irrigação de canais radiculares e relatou sua eficiência como anti-séptico, o mesmo sendo verificado por Coolidge em 1919, Walker em 1936 e Walker & Meinam em 1941, o que o tornou uma substância química largamente utilizada no tratamento endodôntico (Borin *et al.*, 2007), em concentrações de 0.5%, 1%, 2.5%, 5.25% e até 10% (Nakamura *et al.*, 1985).

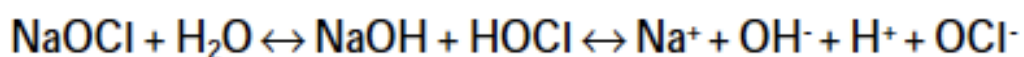
Devido a grande aceitação do NaOCl na terapia endodôntica, as suas propriedades tem sido estudadas com relação ao potencial antimicrobiano (Bysröm & Sundqvist, 1983; Siqueira Jr *et al.*, 1997; Siqueira Jr *et al.*, 1998; Spratt *et al.*, 2001; Estrela *et al.*, 2003; Vianna *et al.*, 2004; Berber *et al.*, 2006; Sena *et al.*, 2006; Soares & Pires Jr, 2006; Estrela *et al.*, 2008), à dissolução tecidual

(Trepagnier *et al.*, 1977; Rosenfeld *et al.*, 1978; Thé, 1979; Koskinen *et al.*, 1980; Abou-Rass & Oglesby, 1981; Gordon *et al.*, 1981; Moorer & Wesselink 1982; Nakamura *et al.*, 1985; Santos, 1999; Spanó *et al.*, 2001; Naenni *et al.*, 2004; Okino *et al.*, 2004; Sirtes *et al.*, 2005; Siqueira *et al.*, 2005; Clarkson *et al.*, 2006; Christensen *et al.*, 2008; Camps *et al.*, 2009; Cobankara *et al.*, 2010; Stojicic *et al.*, 2010; Aubut *et al.*, 2010; Cobankara *et al.*, 2010; Stojicic *et al.*, 2010; Só *et al.*, 2011), tolerância tecidual (Pashley *et al.*, 1985), danos à estrutura dentinária (Oyarzun *et al.*, 2002; Marending *et al.*, 2007; Moreira *et al.*, 2009), na adesão à dentina (Meiers & Shook, 1966; Morris *et al.*, 2001; Ishizuka *et al.*, 2001; Santos *et al.*, 2006), na limpeza das paredes dentinárias, nos danos aos instrumentos endodônticos (Gallegos & Bertolotti, 1981; Busslinger *et al.*, 1988; Peters *et al.*, 2007; Barbosa *et al.*, 2007; Nóvoa *et al.*, 2007; Cavalleri *et al.*, 2009; Ametrano *et al.*, 2011), e na desinfecção de cones de guta-percha (Cardoso *et al.*, 2000; Gomes *et al.*, 2001; Souza *et al.*, 2003). Também são relatados os acidentes que podem ocorrer durante a terapia endodôntica em relação a injeção do NaOCl para os tecidos periapicais (Becher *et al.*, 1974; Sabala & Powell, 1989; Gatot *et al.*, 1991; Becking, 1991; Ehrich *et al.*, 1993; Hüsmann & Hahn, 2000; Melo & Oliveira, 2005; Witton *et al.*, 2005; Mehdipour *et al.*, 2007; Kleier *et al.*, 2008; Pelka & Petschelt, 2008) e também ao desenvolvimento de reação alérgica (Kaufman & Keila, 1989; Çaliskan *et al.*, 1994; Dandakis *et al.*, 2000).

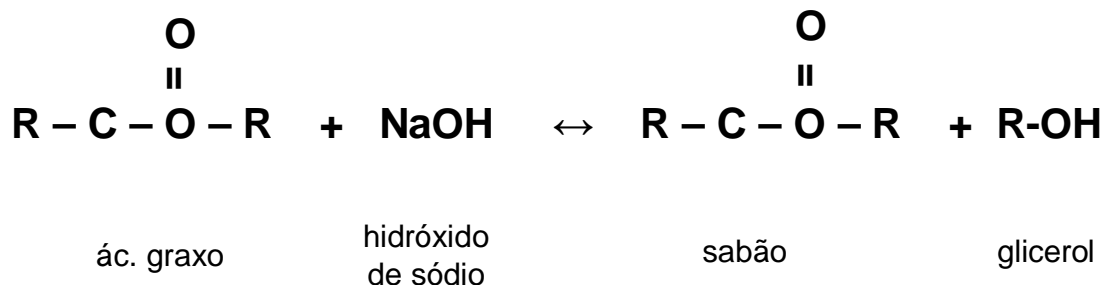
## **2.1 Propriedades do hipoclorito de sódio**

O NaOCl não existe em forma de pó, mas somente em solução aquosa. Nesta solução encontra-se em equilíbrio químico dinâmico, onde pode apresentar-se como um sal não-dissociado, dando origem a outras substâncias ou apresentando-se também totalmente dissociado. Essa solução aquosa de NaOCl,

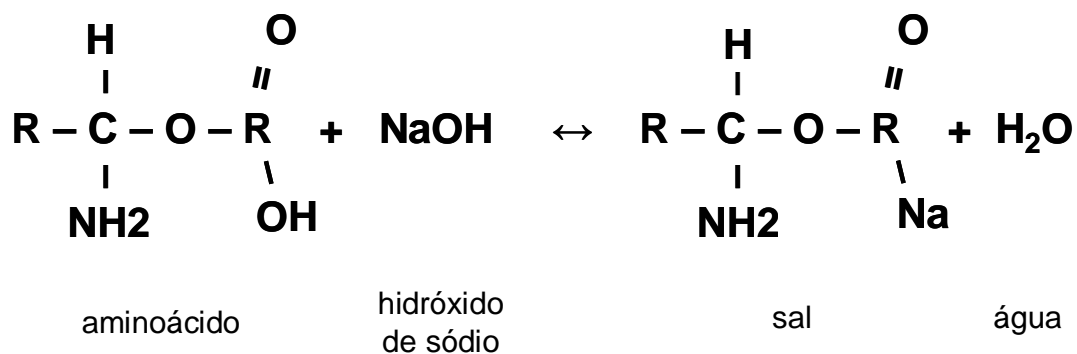
devido ao seu equilíbrio químico dinâmico, pode ser representada pela seguinte reação química (Estrela *et al.*, 2002):



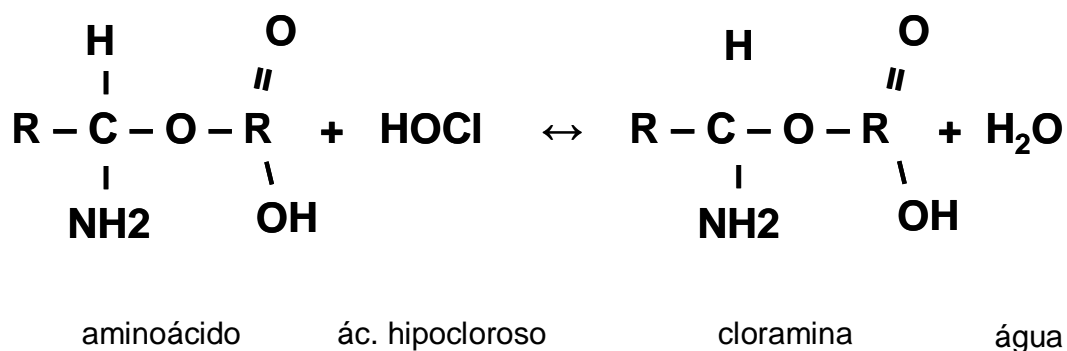
As reações químicas entre os componentes do tecido pulpar e as substâncias presentes na solução de NaOCl são responsáveis pelo processo de dissolução tecidual. O NaOCl em contacto com a matéria orgânica do tecido conjuntivo produz algumas reações químicas, a saber: a) reação de saponificação; b) reação de neutralização de aminoácidos e; c) reação de cloraminação. Estas reações podem ser entendidas acorde as seguintes ilustrações (Estrela *et al.*, 2002):



(Reação de saponificação)



(Reação de neutralização de aminoácidos)



(Reação de cloraminação)

Analisando estas três reações químicas, observa-se que o NaOCl atua como solvente de matéria orgânica e gordura, transformando estes ácidos graxos (óleos e gorduras) em sais de ácidos graxos (sabão) e glicerol (álcool), que reduz a tensão superficial da solução remanescente - reação de saponificação (Estrela *et al.*, 2002).

O hidróxido de sódio (NaOH) também apresenta uma reação de neutralização de aminoácidos e degrada ácidos graxos formando-os em água e sal. Com a saída dos íons hidroxila ocorre a redução do pH da solução

remanescente. O ácido hipocloroso (HClO), quando em contato com a matéria orgânica age como solvente, libera cloro nascente que em contato com proteínas do grupo amina forma cloraminas - reação de cloraminação (Estrela *et al.*, 2002).

O HClO e os íons hipoclorito (OCl) apresentam ação de hidrolisar e degradar aminoácidos. Também o HClO sofre decomposição pela ação da luz, do ar e do calor liberando cloro livre (Cl) e, secundariamente, oxigênio nascente (O<sup>2</sup>). A atividade do HClO vai depender do pH, que em meio ácido ou neutro predomina a forma ácida não dissociada (instável e mais ativo). Em meio alcalino prevalece a forma iônica não dissociada (estável e menos ativa). Por esse motivo, o *shelf-life* das soluções de NaOCl com pH elevado é mais estável e as de pH próximo do neutro (solução de Dakin) tem vida útil muito pequena (Pécora *et al.*, 1987; Estrela *et al.*, 2002). Assim, nos hipocloritos não dissociados tem-se maior concentração de NaOH e menor de HOCl, e nos hipocloritos neutralizados tem-se o inverso, ou seja, menor quantidade de NaOH e maior de HClO (Estrela *et al.*, 2002).

Nem sempre o teor de cloro livre existente no momento da compra é o mesmo quando do momento do uso devido à instabilidade química apresentada pelo NaOCl. Inúmeros fatores, chamados extrínsecos, favorecem a redução da concentração como, o tempo, a temperatura elevada, o tipo de embalagem, o contato com o dióxido de carbono atmosférico e a presença de luz (Pécora & Estrela, 2004). Desta maneira, as soluções de NaOCl devem ser armazenadas em frascos de vidro âmbar hermeticamente fechados ao abrigo da luz e calor. Segundo Genaro (1990) e Prista (1996), as soluções de NaOCl têm seu prazo de validade findado quando a perda no teor de cloro ultrapassar 10%.

Pécora *et al.* (1987) estudaram o tempo da meia-vida da solução de Dakin armazenada em vidro âmbar em diferentes condições - à luz solar, à sombra (temperatura ambiente) e, em geladeira à 9°C e isento de luz. Observaram que após 122 dias a solução perdia 75,11% de seu teor de cloro quando recebia luz solar, 62,65% à temperatura ambiente e apenas 22,35% quando conservada em baixa temperatura e isenta de luz.

No ano seguinte, Pécora *et al.* (1988), ao analisarem 16 soluções

rotuladas como líquido de Dakin disponíveis no mercado, observaram as seguintes porcentagens de cloro ativo das amostras: seis estavam entre 0.6% e 0.4%; dez evidenciaram valor abaixo de 0.4%. Embalagens em plástico predominaram e, entre elas, as transparentes. Os autores alertaram para a falta de controle de qualidade e ausência de especificações, como a data de fabricação e prazo de validade.

Em função desta instabilidade, alguns autores recomendam o uso de soluções recém-preparadas a fim de se evitar que, preparações obtidas com teores que não coincidem com os valores esperados e rotulados possam comprometer a sua eficiência. De acordo com Fraiss *et al.* (2001), Nicoletti & Magalhães (1995), Pécora *et al.* (1997), Piskin & Türkün (1995) e Siqueira *et al.* (2002), a conservação das soluções sob refrigeração pode contribuir para preservar sua estabilidade química. Já Gambarini *et al.* (1998) não encontraram alterações após 30 dias das soluções de NaOCl 5% mantidas à 50°C. Gélinas & Goulet (1982) encontraram resultados diferentes de Gambarini *et al.* (1998), pois mostraram que a solução de NaOCl 10% perdeu estabilidade química em menos de 7 dias.

Piskin & Türkün (1995) analisaram o efeito da temperatura de estocagem, concentração e tempo na estabilidade de três diferentes marcas comerciais de alvejantes caseiros (Hypo, Clorox, Domex) como uma fonte de NaOCl, bem como compararam a estabilidade química delas. Todas as soluções mostraram degradação em função do tempo; entretanto esta degradação ocorreu mais lentamente exceto para o grupo das soluções contendo 5% de cloro estocado à 24°C. Soluções contendo 0.5% de cloro livre estocada à 4°C e 24°C e soluções à 5% estocadas à 4°C mostraram estabilidade satisfatória por 200 dias. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre as três marcas em relação à estabilidade química.

Gambarini *et al.* (1998) analisaram o efeito do aquecimento à 50°C na estabilidade química do NaOCl. Uma titulação iodométrica foi utilizada para avaliar as taxas de decomposição de soluções aquecidas e não aquecidas durante 30

dias. Os resultados mostraram que todas as amostras exibiram um mínimo de degradação gradual *versus* tempo. Entretanto nenhuma diferença estatística foi observada entre os dois grupos. Após 30 dias, ambas as soluções, aquecida e não aquecida, mantiveram alto conteúdo de cloro e valores de pH consistente com excelente dissolução tecidual e propriedade antimicrobiana.

Siqueira *et al.* (2002) avaliaram a estabilidade química de soluções de NaOCl 0.5% em diferentes valores de pH (7, 8, 9, 10 e 11) e sob duas condições de armazenagem (temperatura ambiente, 25°C e sob refrigeração, 5°C), por meio da titulometria iodométrica, após 0, 8, 16, 35, 49, 63, 94 e 122 dias. Concluíram que o pH, a temperatura e o tempo de armazenagem apresentaram influência sobre a estabilidade química, sendo que o pH exerceu maior influência que a temperatura, a qual, por sua vez, teve maior influência que o tempo. Também observaram que em temperaturas de 5°C a solução se manteve dentro dos limites de especificação adotados para valores de pH maiores que 8.6 por até 4 meses. Já quando a temperatura foi igual à 25°C, a solução se manteve dentro dos limites de especificação adotados pelo mesmo período de tempo quando o pH foi maior que 9.4.

Camargo *et al.* (2008) compararam o pH das soluções de NaOCl 1% e 2.5% e do digluconato de CHX em função do tempo. Foram utilizadas apresentações comerciais e manipuladas e o valor do pH aferido com pHmetro digital submergindo o eletrodo em 2 ml de cada solução em intervalos de 0, 1, 7, 14 e 30 dias após a abertura dos frascos das soluções. Os resultados mostraram que as substâncias químicas apresentaram estabilidade química de pH durante 30 dias.

Assim, conhecer a real concentração do NaOCl é muito importante. Em laboratórios, utiliza-se o método da titulometria pelo iodo para se aferir a concentração de cloro ativo das soluções de NaOCl (Pécora & Estrela, 2004). A titulometria, no entanto, é muito problemática para ser utilizada em consultório odontológico em virtude das soluções e vidrarias necessárias (Estrela *et al.*, 2002). Assim, para se conhecer de modo rápido, prático e econômico e com relativa

precisão pode-se utilizar o método da volumetria apresentado por Paiva *et al.* (1989). Este método pode ser realizado em qualquer consultório e necessita dos seguintes materiais: duas seringas luer (uma de 10 ml e outra de 3 ml), uma agulha, detergente de cozinha e água oxigenada a 3%. Utiliza-se uma seringa Luer de 10 ml que deve ser transformada em um tubo de ensaio, despresando o êmbolo e fechando o local de colocação da agulha. Em seu interior deve-se colocar 1 ml de água oxigenada e três a quatro gotas de detergente de cozinha. A seguir, coloca-se 2,8 ml da solução de NaOCl a ser testada. Após isto, agita-se o tubo e deixa-o em repouso por um minuto, e mede-se a coluna de espuma formada utilizando uma régua. O resultado obtido, em centímetros, deve ser dividido por dez e tem-se, desse modo, o teor de cloro ativo aproximado da solução (Paiva *et al.*, 1989).

## **2.2 Metodologias utilizadas para avaliar a dissolução tecidual do hipoclorito de sódio**

A dissolução do tecido pulpar pelo NaOCl tem sido relatada ser uma importante propriedade (Estrela *et al.*, 2002), que juntamente com a ação antimicrobiana (Bysröm & Sundqvist, 1983; Siqueira & Uzeda, 1997; Siqueira Jr *et al.*, 1998; Spratt *et al.*, 2001; Estrela *et al.*, 2003; Vianna *et al.*, 2004; Berber *et al.*, 2006; Sena *et al.*, 2006; Soares & Pires Jr, 2006; Estrela *et al.*, 2008), o torna a substância química auxiliar da instrumentação mais utilizada no tratamento endodôntico.

Vários tipo de tecidos conjuntivos já foram utilizados para analisar a efetividade do NaOCl. Foram encontrados trabalhos onde os autores utilizaram polpas humanas (Trepagnier *et al.*, 1977; Rosenfeld *et al.*, 1978; Sirtes *et al.*, 2005), polpas bovinas (Koskinen *et al.*, 1980; Gordon *et al.*, 1981; Nakamura *et al.*, 1985; Santos, 1999; Okino *et al.*, 2004; Siqueira *et al.*, 2005; Camps *et al.*, 2009;



Cobankara *et al.*, 2010; Só *et al.*, 2011), polpa de suínos (Clarkson *et al.*, 2006), tecido muscular de bovinos (Stojicic *et al.*, 2010), mucosa palatina de suínos (Naenni *et al.*, 2004; Aubut *et al.*, 2010), tecido muscular de suínos (Christensen *et al.*, 2008), tecido conjuntivo de ratos (Thé, 1979; Abou-Rass & Oglesby, 1981), fígado de coelho (Moorer & Wesselink 1982) e tendões de bovinos (Nakamura *et al.*, 1985). Estes trabalhos utilizaram fragmentos destes tecidos que ficaram imersos em grande volume de NaOCl, e por controle visual ou diferenças de peso, a capacidade de dissolução foi analisada. Muitas vezes, agitação por meio de aparelhos (Spanó *et al.*, 2001; Okino *et al.*, 2004; Siqueira *et al.*, 2005; Christensen *et al.*, 2008; Camps *et al.*, 2009; Cobankara *et al.*, 2010; Stojicic *et al.*, 2010) ou agitação manualmente (Clarkson *et al.*, 2006) foram incluídas para permitir que o tecido não fique estagnado e, ocorrendo um maior contato da substância química com o tecido conjuntivo, a capacidade de dissolução seja aumentada.

Não foram encontrados trabalhos analisando isoladamente as metodologias de dissolução tecidual, mas fazendo parte do objetivo das pesquisas que é a dissolução do tecido conjuntivo. Assim, serão relatados os trabalhos onde estes tecidos foram submetidos ao contato com o NaOCl e os resultados encontrados frente ao uso destas metodologias.

Trepagnier *et al.* (1977) utilizaram o método da quantificação da remoção de colágeno para determinar a dissolução e remoção da polpa radicular. Foram utilizados 140 dentes humanos unirradiculares com polpa viva. Foi utilizada a hidroxiprolina contida na substância irrigadora que reflete a quantidade de colágeno contido no tecido dissolvido. Testaram a solução de NaOCl 5% em períodos de 1, 5, 15 e 60 minutos. Soluções de NaOCl 0,5% e 2,5% também foram testadas em 5 minutos. Os resultados mostraram que o NaOCl é uma substância solvente tecidual cujo efeito maior acontece logo após a aplicação, por isto o tempo de permanência da solução irrigadora no interior do canal é importante, assim como a frequência de irrigação. Devido a solução de Dakin não ter um bom efeito solvente, os autores recomendam o uso de NaOCl 2.5% ou 5%,

que têm efeito semelhante.

O efeito solvente do NaOCl assume grande importância quando levada em consideração a complexidade anatômica do canal. Hand *et al.* (1978) após a obtenção de amostras de tecido conjuntivo de ratos, expuseram à concentrações diluídas de NaOCl 0.5%, 1%, 2.5% e 5.25%. A análise dos resultados, obtidos através da pesagem dos espécimes antes e depois do contato com o NaOCl, mostrou que a diminuição da concentração da solução diminui a capacidade de dissolver tecido. Não houve diferença entre as concentrações de 0.5% e 1%; porém, a concentração de 5.25% dissolveu melhor que a de 2.5%, que foi melhor que a de 1%.

Thé (1979) avaliou o poder de dissolução tecidual da solução de NaOCl em várias concentrações sobre tecido conjuntivo de ratos que passaram ou não por um processo de fixação pelo paraclorofenol e formaldeído e com a combinação do NaOCl 3% com o peróxido de hidrogênio na dissolução tecidual. Os autores verificaram que tecidos fixados apresentam uma dissolução mais lenta que tecidos sem fixação. Além disto, concluíram que a dissolução está intimamente ligada ao tempo de contato substrato/solução, ao volume e à concentração da solução de NaOCl. A combinação do NaOCl com o peróxido de hidrogênio não aumentou a ação solvente do NaOCl isoladamente, e que este apresentou adequada atuação sobre o tecido necrótico.

Apesar de haver controvérsias quanto à concentração ideal de NaOCl a ser utilizado clinicamente, Thé *et al.* (1980) afirmam que esta deve ser determinada pelo seu poder antimicrobiano e solvente tecidual, porém com tolerância tecidual. Verificaram que, num período de 14 dias após o implante de tubos de polietileno preenchidos com NaOCl em concentrações que variaram de 2% à 8%, pH 12, em dorso de cobaias, que não havia diferenças significativas na reação inflamatória comparadas com o soro fisiológico. Isto mostrou que existe a reversibilidade da reação inflamatória causada pelo NaOCl em diferentes concentrações e quantidades.

Koskinen *et al.* (1980) verificaram que o índice de dissolução de tecido

pulpar bovino com NaOCl 5.25% e 2.5% em um tempo de 10 minutos foi alto, ao passo que à 0.5% esta capacidade foi muito comprometida. Os autores verificaram que 3 ml de solução era quantidade suficiente para dissolver 100 mg de tecido desvitalizado. Foram testadas também soluções descalcificadoras, entre elas o EDTA, que não apresentaram capacidade de solvência tecidual.

Abou-Rass & Oglesby (1981) avaliaram o efeito da temperatura, concentração e tipo do tecido na capacidade de solvência do NaOCl. Utilizaram 120 fragmentos de tecido conjuntivo dérmico de ratos, com diâmetro de 8 mm e espessura entre 1 e 2 mm, que foram divididos em 3 grupos. No grupo 1 utilizou-se fragmento de tecido fresco, ou seja, removidos após 15 minutos do sacrifício; no grupo 2, o tecido foi fixado com formocresol por período de 8 dias; no grupo 3, o tecido estava necrótico. Os tecidos dos grupos 2 e 3 foram mantidos em ambiente umidificado à 98,6°F por 8 dias. A concentração do NaOCl foi de 5.25% e 2.6%, em temperaturas de 73,2°F (22,8°C) e 140°F (60°C). Cada fragmento de tecido foi colocado em um frasco de vidro de 50 ml contendo 30 ml de NaOCl. A combinação da concentração do NaOCl e temperatura foi testada em 10 amostras e monitoradas até ser observada a completa dissolução do tecido, que foi considerada completa quando nenhum fragmento do tecido estava presente no frasco. Os resultados mostraram que, a despeito da concentração, a solução aquecida à 140°F foi mais efetiva que a mesma solução à 73,2°F. Entretanto, a concentração de 5.25% foi mais efetiva que a de 2.6% na mesma temperatura. O tecido conjuntivo fresco dissolveu mais rapidamente que o necrótico, e o tecido fixado foi o que demorou mais tempo para dissolver

Para verificação da capacidade de dissolução tecidual, Gordon *et al.* (1981) expuseram tecido pulpar bovino vital e não vital às soluções de NaOCl nas concentrações de 1%, 3% e 5% por períodos que variaram de 2 a 10 minutos. As polpas vitais foram obtidas de dentes bovinos e congeladas a -20°C. O tecido vital, para se tornar desvitalizado, era exposto à temperatura de 20°C por um dia. A relação ml de solução/mg de tecido foi constante: 0,5 ml por 5 mg. Para polpas vitais, o NaOCl 1% dissolveu 40% da polpa em 2 minutos e o NaOCl 3% e 5%,

dissolveu 70% da polpa neste mesmo tempo. Para tecido não vital, a dissolução foi mais acentuada no mesmo período de tempo. Os autores concluíram que a característica do tecido, a concentração da solução e o tempo de contato têm influência sobre a dissolução tecidual.

Segundo Moorer & Wesselink (1982), o volume, a concentração e o estado do tecido pulpar têm influência na capacidade de solvência tecidual. Esta capacidade também é influenciada pela quantidade de matéria orgânica, a frequência e intensidade da irrigação mecânica e a área da superfície de contato substrato/substância. Os autores utilizaram tecido necrótico de fígado de coelho em seu experimento, e concluíram que a interação NaOCl/tecido resulta na inativação do hipoclorito, por isto o efeito solvente inicial ser mais acentuado. Foi observado que a maior perda de cloro ativo aconteceu nos primeiros 2 minutos, que a agitação acelera o processo de dissolução, e também, que tecidos fixados são mais resistentes à dissolução.

Nakamura *et al.* (1985) verificaram o poder de dissolução das soluções de NaOCl 2%, 5% e 10% sobre tendões, tecidos gengival e pulpar de bovinos. O tecido mais susceptível a ação do NaOCl foi a polpa, talvez por apresentar menor quantidade de fibras colágenas. Entre as diferentes concentrações, a que apresentou maior efeito solvente foi a solução à 10%, enquanto que as soluções à 2% e 5% tiveram efeitos de dissolução semelhantes.

Santos (1999) avaliou a capacidade solvente em polpas bovinas das soluções de NaOCl variando-se a temperatura. Constatou-se que a capacidade solvente é diretamente proporcional à temperatura, isto é, quanto maior a temperatura da solução de NaOCl, maior será a capacidade solvente. Verificou também que a quantidade de cloro livre nas soluções utilizadas após a dissolução era muito reduzida indicando uma participação ativa dessa substância no processo de dissolução e/ou liberação maciça de cloro dentro dos canais radiculares, o que promoveria ação anti-séptica.

Barbin (1999) estudou a capacidade solvente das soluções de NaOCl aditivadas com tensoativo (lauril dietilenoglicol éter sulfato de sódio - Tergentol).

Observou que a adição de tensoativos diminuía a capacidade solvente das soluções de NaOCl com a diminuição da reação de saponificação.

Spanó *et al.* (2001) estudaram “*in vitro*” a ação solvente das soluções de NaOCl 0.5%, 1%, 2.5% e 5% sobre o tecido pulpar bovino, o teor de cloro residual, pH e a tensão superficial antes e após a dissolução tecidual. Um fragmento de tecido pulpar bovino era submerso em 15 ml da solução de NaOCl que circulava com vazão de 64ml/min em um aparato composto por uma bomba peristáltica e uma seringa Luer Lock. O controle da dissolução era realizado visualmente com magnificação de 16X e o tempo total era anotado. Concluíram que, quanto maior a concentração da solução de NaOCl, maior era a velocidade de dissolução. Todas as soluções de NaOCl apresentaram redução do pH e da tensão superficial após os testes de dissolução, e as soluções de maior concentração apresentaram menor consumo de cloro para que ocorresse a dissolução tecidual.

Zehnder *et al.* (2002) estudaram o efeito do tamponamento da solução de NaOCl sobre a capacidade de dissolução de tecidos vitais e necróticos, bem como sobre a atividade antibacteriana para *Enterococcus faecalis*. Afirmaram que é a concentração de cloro ativo e não o pH a responsável pela dissolução tecidual, e que tecidos vitais são mais resistentes a este efeito uma vez que a solução de NaOCl 2.5% foi mais ativa que 0.5%. Com relação à ação antimicrobiana, as soluções de NaOCl 0.5%, tamponadas ou não, tiveram o mesmo efeito sobre os microrganismos.

Naenni *et al.* (2004) avaliaram a capacidade de dissolução de tecido conjuntivo da mucosa palatina de suínos em tempos de 15, 30, 60, 90 e 120 minutos de contato com NaOCl 1%, CHX 10%, peróxido de hidrogênio 3% e 30%, ácido paracético 10%, dicloroisocianurato 5% e ácido cítrico 10% comparadas com solução salina 0.9%. Pedacos com 5 mm de diâmetro da mucosa palatina foram colocados em tubos contendo 30 ml das substâncias testadas em temperatura de 32°C e avaliadas quanto a perda de peso. Nenhuma das soluções testadas apresentaram poder de dissolução tecidual após 120 minutos de contato,

exceto o NaOCl.

Okino *et al.* (2004) avaliaram a dissolução do tecido pulpar bovino pela solução aquosa de digluconato de CHX 2%, digluconato de CHX gel 2% comparada com as soluções de NaOCl em concentrações de 0.5%, 1%, e 2.5% com pH 9.0. Os dentes foram clivados, as polpas removidas e cortadas em quatro pedaços similares, pesados e colocados em frascos de becker contendo 20 ml das respectivas substâncias. Os frascos foram colocados em uma centrífuga em 150 rpm até os fragmentos serem totalmente dissolvidos, ou então, por até seis horas. A velocidade de dissolução foi calculada dividindo o peso do fragmento de polpa pelo tempo de contato. Os resultados mostraram que a água destilada e ambas as apresentações de CHX não dissolveram o tecido pulpar durante o tempo experimental. Todas as soluções de NaOCl foram eficientes na dissolução do tecido pulpar, e esta dissolução foi maior à medida em que a concentração do NaOCl aumentou.

Sirtes *et al.* (2005) avaliaram a estabilidade química em curto prazo nas temperaturas de 20°C, 45°C e 60°C, na capacidade de dissolução tecidual e na eficácia antimicrobiana de soluções de NaOCl em concentrações de 1%, 2.62% e 5.25%, utilizando polpas de dentes humanos de terceiros molares e pré-molares extraídos. O tempo analisado para a estabilidade química foi de 60 minutos, sendo que os resultados mostraram que as soluções de NaOCl mantiveram-se estáveis durante todo o período de observação. A solução de NaOCl 1% à 45°C dissolveu a polpa tão efetivamente quanto à de 5.25% à 20°C, enquanto que em 60°C, a solução à 1% foi significativamente mais efetiva. Foi observado um aumento de 100 vezes na eficácia antimicrobiana entre as soluções de NaOCl aquecida em 45°C comparada com à de 20°C, enquanto a solução à 1% foi ineficaz tanto nas temperaturas de 20°C quanto na de 45°C.

Siqueira *et al.* (2005) avaliaram a dissolução de polpas bovinas pelo gel de CHX 2% e pela solução do NaOCl em concentrações de 0.5%, 1%, 2.5% e 5% em pH de 7, 9 e 11 em temperaturas de 27°C e 37°C por um período de até 120 minutos. Utilizaram fragmentos de 5 mm de 75 polpas bovinas colocadas em

frascos de Becker com 20 ml de cada solução. O frasco com os fragmentos pulpares foi colocado em uma centrífuga com velocidade de agitação de 80 rpm e analisado o tempo necessário para que as polpas fossem dissolvidas, utilizando análise visual. Os resultados mostraram que as soluções de NaOCl, nessa ordem, sofrem influência do pH, temperatura e concentração para agir sobre a dissolução do tecido pulpar. O gel de CHX 2%, bem como as soluções de NaOCl 0.5% em pH 7 e temperatura de 27°C e 37°C não dissolveram o tecido pulpar durante o tempo experimental. Relatam que em pH 11 pode-se utilizar soluções menos concentradas para manter a dissolução tecidual, porém alertam para que o aumento do pH se deve ao aumento da quantidade do NaOH e isto pode gerar danos aos tecidos periapicais pelo aumento do processo inflamatório com aumento da sintomatologia.

Clarkson *et al.* (2006) analisaram a dissolução do tecido pulpar de suínos pela solução de NaOCl variando-se concentração e composição. Foram utilizadas as seguintes soluções de NaOCl: Milton (NaOCl 1%) pH 10,90; White King (NaOCl 4%) pH 11,96; White King diluída à 1:3 (NaOCl 1%) pH 12,01; Hypochlor 1% (NaOCl 1%) pH 11,55; e Hypochlor 4% forte (NaOCl 4%) pH 11,51. Soluções de NaOH foram preparadas para duplicar a concentração de NaOH em cada uma das soluções de NaOCl. O pH destas soluções foi avaliado imediatamente antes dos testes. Dez espécimes de polpas foram utilizadas e imersas em 25 ml de cada solução que estava acondicionada em recipiente plástico. As soluções foram agitadas constantemente com uma espátula plástica, e os tempos necessários para que houvesse a total dissolução dos fragmentos de polpa em cada solução anotados. Os resultados mostraram que o tempo para que houvesse a total dissolução apresentaram diferenças significativas. Uma alta diferença significativa entre as soluções White King 1% e Hypochlor 1%, e White King 4% e Hypochlor 4% forte foram encontradas. A solução White King 4% mostrou o menor tempo (média de 9min 47seg), seguido pelo Hypochlor 4% (média de 12min 1seg). White King 1% e Hypochlor 1% necessitaram 3 vezes mais tempo para completar a total dissolução comparando-se com as soluções à

4%, enquanto a solução de Milton necessitou 10 vezes mais tempo. Nenhuma das amostras de polpa que ficaram em contato com as soluções de NaOH apresentaram dissolução tecidual em tempo de 2 horas e meia.

Christensen *et al.* (2008) avaliaram “*in vitro*” o efeito da diminuição do pH, a concentração e o tempo de contato do NaOCl na capacidade de dissolução tecidual. Utilizaram fragmentos de tecido muscular de suínos que variavam entre 0,4 e 1,0g. Os tempos de avaliação foram de 5, 15 e 30 minutos, a concentração do NaOCl de 2.6% e 5.25% e o pH de 6, 9 e 12. Assim os grupos formados foram os seguintes: grupo 1: soro fisiológico; grupo 2: NaOCl 5.25% pH 12; grupo 3: NaOCl 2.6% pH 12; grupo 4: NaOCl 5.25% pH 9; grupo 5: NaOCl 2.6% pH 9; grupo 6: NaOCl 5.25% pH 6; grupo 7: NaOCl 2.6% pH 6. As amostras de tecido muscular foram pesadas e então colocadas em 10 ml com as soluções testadas, mantidas sob agitação. Após isto, as amostras de tecido eram removidas, secas e novamente pesadas e as diferenças de peso anotadas. Os resultados mostraram que analisando o pH isoladamente, não havia diferenças significativas entre o pH 12 e 9, mas havia diferenças entre estes e o pH 6. Alta concentração e grande período de contato permitiram grande quantidade de dissolução tecidual. Quando comparado o NaOCl 5.25% com o 2.6% com o mesmo pH, independentemente do tempo, o percentual de dissolução tecidual foi estatisticamente diferente para o pH 12 e 9. Para o pH 6 não havia diferenças estatísticas na capacidade de dissolução tecidual entre o NaOCl 5.25% e 2.6%. Em relação ao tempo de contato observou-se que, quanto maior for o tempo, maior foi a dissolução tecidual. Comparando o tempo entre os diferentes grupos com o mesmo pH, longa exposição com pH 12 mostrou grande dissolução tecidual. Foi evidenciado que quando o pH é diminuído, foi necessário aumentar o tempo de contato para ser obtido similar resultado de dissolução.

Camps *et al.* (2009) avaliaram o *shelf life*, a capacidade de dissolução tecidual e as propriedades antibacterianas da solução neutralizada de NaOCl 2.5%. Para determinar o *shelf life* utilizaram a solução de NaOCl 2.5% com pH 7,5 que foi preparada a partir de uma solução de NaOCl 10% misturada com HCl. O



pH da solução de NaOCl 2.5% foi medida a cada hora em temperatura de 25°C. Ao final de cada período, a avaliação de cloro foi determinada por titulação com tiosulfato de sódio. A solução neutralizada foi considerada inaceitável para irrigação do canal radicular quando era muito ácida (pH menor que 6) por causa do risco da evaporação de cloro, ou quando o cloro contido era muito baixa (perda de 50%). A capacidade de dissolução tecidual foi realizado utilizando polpa vital de incisivos bovinos que foram obtidas amostras de 0,1g colocadas em tubos contendo 1 ml e solução de Dakin (0.5%), NaOCl 2.5%, NaOCl 2.5% neutralizado e solução salina como controle. Os tubos foram fechados e colocados em rotação e agitação em 150 rpm à 25°C por 5, 10, 15 e 20 minutos. Durante cada período 3 parâmetros foram analisados: perda de peso da polpa, alteração de pH e conteúdo de cloro ativo. Os resultados mostraram que a perda de peso variou ao longo do tempo entre as três soluções, o pH e cloro ativo. O conteúdo de cloro ativo da solução de NaOCl 2.5 neutralizado diminuiu de 93% na primeira hora, 72% na segunda hora, 52% na terceira hora e 24% na quarta hora. Similarmente, o pH diminuiu de 7,4 para 4,9 após 5 horas. Quanto à dissolução tecidual, foi observado que a solução de NaOCl 2.5% foi mais efetiva que a mesma solução neutralizada e que por sua vez, mais efetiva que a solução de Dakin, e que houve diferença estatística nos tempos de 10, 15 e 20 minutos. O pH não variou durante os 20 minutos em cada líquido. Quanto à variação do percentual de cloro houve uma diferença estatística significativa mostrando influência do tempo e do líquido. Entretanto houve uma significativa diferença em 10, 15 e 20 minutos. Foi concluído que alguns líquidos perdem mais cloro que outros ao longo do tempo; a solução de NaOCl 2.5% perdeu menos cloro em percentagem que as outras soluções, e o Dakin foi o que perdeu a maior percentual de cloro.

Cobankara *et al.* (2010) compararam o NaOCl e o dióxido de cloro na capacidade de dissolução do tecido orgânico. Utilizaram 30 polpas bovinas de incisivos inferiores com peso similar (25 mg) que foram divididas em três grupos e então imersas em NaOCl 5.25% (pH 12) ou em Dióxido de cloro 13,8% (pH 4,4), renovando a cada 2 minutos, e comparados com a solução fisiológica. As polpas

foram colocadas em tubos contendo 2 ml de cada solução e colocados em um aparelho agitador durante 2 minutos. Após este tempo, as soluções eram renovadas utilizando mesmo volume, repetindo-se por 10 vezes num total de 20 minutos. As polpas foram removidas das soluções, lavadas com água destilada para remover o tecido dissolvido que estavam em suspensão e então pesadas. O peso antes e após a exposição das substâncias foi verificado e calculado o percentual de perda de peso. Observaram que tanto o NaOCl 5.25% quanto o Dióxido de cloro à 13,8% foram igualmente eficientes na capacidade de dissolução das peças de tecido orgânico, ao passo que a solução fisiológica não apresentou nenhuma efetividade.

Stojicic *et al.* (2010) avaliaram o efeito da concentração, temperatura e agitação sobre a dissolução de três soluções de NaOCl de três fabricantes diferentes em concentrações de 1%, 2%, 4% e 5.8%, testadas em temperaturas de 27°C e 45°C com e sem agitação por equipamentos de ultrassom, sônico e por pipetamento. Em uma amostra de NaOCl foi adicionado um agente surfactante para comparar com o NaOCl convencional. Pedacos de tecido muscular bovino com peso de 68 mg foram colocados em frascos com 10 ml de cada solução por 5 minutos. A agitação foi realizada por 1, 2 ou 4 períodos de 15 segundos por minutos durante 5 minutos. Os espécimes foram pesados antes e após o tratamento, e o percentual de perda de peso calculado. Os resultados mostraram que a perda de peso (dissolução tecidual) aumentou linearmente com a concentração do NaOCl. Também se observou que o aumento da temperatura e da agitação aumentou consideravelmente a eficácia do NaOCl, porém o efeito da agitação na dissolução foi maior que o aumento da temperatura; agitação contínua resultou em dissolução tecidual mais rápida. O NaOCl com adição de um agente surfactante teve um pequeno ângulo de contato sobre a dentina e foi mais efetivo na dissolução tecidual em todas as situações experimentais. Concluíram que otimizando a concentração, temperatura, vazão e tensão superficial, poderá haver aumento da efetividade na dissolução tecidual pelo NaOCl.

Aubut *et al.* (2010) avaliaram a influência da neutralização da solução

de NaOCl 2.5% na citotoxicidade, genotoxicidade e potencial de dissolução tecidual. Utilizaram mucosa palatina de suínos em tamanhos de 10 mm x 5 mm pesados com balança de precisão para padronização das amostras. Estas foram imersas por 120 minutos em frascos contendo 1 ml das soluções de NaOCl 2.5%, NaOCl 2.5% neutralizada e NaOH ajustado ao pH do NaOCl e, solução salina como controle. As soluções de HClO, ClO<sup>-</sup> e NaOH também foram testadas. A cada 10 minutos as amostras eram secas com papel absorvente por 5 segundos, pesadas em balança de precisão e o pH da solução medida. Nenhum peso ou variação de pH foi observada nas amostras estocadas em solução salina. Perda de peso foi observada nas amostras estocadas em solução de NaOCl 2.5% e no NaOCl 2.5% neutralizado, mas um aumento tanto no peso quanto no volume foi observado nas amostras estocadas em NaOH. Os resultados mostraram que, em ordem crescente de perda de peso para a solução de NaOCl 5.25% (perda de 60%) seguida pelo NaOCl 2.5% neutralizado (perda de 8%) e solução salina (nenhuma perda de peso), e finalmente para o NaOH (aumento de 28%). O pH da solução de NaOH tão bem quanto aquela da solução salina não variou ao longo do tempo e permaneceu estável em 12 e 6. O pH da solução de NaOCl diminuiu de 12 para 9 e do NaOCl 2.5% neutralizado, de 7,5 para 5,6

Só *et al.* (2011), avaliaram a capacidade de dissolução tecidual do NaOCl quando associado ou não ao EDTA (Ácido etilenodiamonotetracético). Oitenta fragmentos de polpa bovina foram imersos por 2 horas em uma solução de NaOCl 0.5%, 1%, 2.5%, e nas mesmas soluções, mas acrescidas de EDTA 17% para observar se ocorria perda de peso do tecido. A solução de NaOCl 2.5% dissolveu totalmente o fragmento de polpa durante o período de teste. O uso do EDTA em associação com o NaOCl reduziu a capacidade de dissolução pulpar comparado com o NaOCl isoladamente, a despeito da concentração do NaOCl utilizada.

## **2.3 Ação da instrumentação e de outros recursos para avaliar a dissolução tecidual do hipoclorito de sódio**

A dissolução tecidual promovida pelo contato do NaOCl com fragmentos de tecido conjuntivo permite avaliar exclusivamente a sua propriedade química, a qual é extremamente importante para testar a efetividade. Porém, durante a terapia endodôntica, o NaOCl não atua isoladamente, mas por meio de uma rica interação com a ação mecânica dos instrumentos endodônticos, objetivando com isto, aumentar a capacidade de remoção dos remanescentes pulpare. Assim, serão reportados trabalhos realizados em dentes humanos que mostraram o resultado da limpeza após instrumentação utilizando-se o NaOCl, e também com o uso de alguns recursos que podem melhorar a capacidade de limpeza tecidual.

Walton (1976) mostrou deficiências da ação dos instrumentos endodônticos em tocar todas as paredes dos canais radiculares, havendo a permanência de áreas de pré-dentina com tecido orgânico após o preparo químico-mecânico. Assim, aumentar a efetividade das técnicas de instrumentação poderia trazer aumento da capacidade de limpeza, porém, mesmo com a utilização de diferentes técnicas, quer seja com instrumentos rotatórios ou manuais, ou também com a utilização de diferentes substâncias químicas auxiliares, foram observados canais radiculares incompletamente limpos (Koskinen *et al.* 1980; Siqueira Jr & Uzeda, 1997; Zuolo *et al.* 1992; Parris *et al.* 1994; Tucker *et al.* 1997; Tatsuta *et al.* 1999).

Rosenfeld *et al.* (1978) avaliaram o efeito solvente do NaOCl 5% sobre polpas vitais em canais não instrumentados e instrumentados, bem como o efeito deste sobre as paredes do canal e tecido pulpar residual. Para isto, utilizaram 42 pré-molares vitais que seriam extraídos por razões ortodônticas. Para verificar a capacidade de dissolução pulpar, os dentes, após anestesiados, isolados e abertos, foram irrigados intermitente com 5 ml de hipoclorito 5.25% ou água por 15

minutos. A seguir, a câmara pulpar foi selada e o dente extraído. No outro grupo que recebeu instrumentação, esta foi realizada até 5 mm aquém do ápice com irrigação por 15 minutos, a câmara pulpar selada e o dente extraído. Nos dois grupos, após exodontia, o selamento foi removido e o dente fixado em formol por 24 horas. Depois do processamento histológico, os cortes obtidos foram examinados no microscópio ótico. No grupo não instrumentado, a solução de NaOCl causou uma dissolução tecidual limitada pelo acesso e diâmetro do canal, sendo que em canais atrésicos a dissolução foi menor e mais superficial, variando de 0,5 a 3 mm de profundidade. A pré-dentina também foi quase toda removida, deixando visíveis os núcleos de mineralização dentinária. Nos grupos que receberam instrumentação, quando do uso do NaOCl, houve a remoção da pré-dentina das áreas instrumentadas e não instrumentadas, assim como do tecido pulpar na maioria das amostras.

Cheung & Stock (1993) avaliaram a limpeza do canal após uso do NaOCl 1% e solução de gluconato de CHX 0.5% como substâncias químicas do preparo, com ou sem ativação ultrasônica. Para isto, foram utilizados 56 molares extraídos, vitais e não vitais. Após instrumentação, os dentes foram seccionados no sentido méso-distal, onde uma das metades foi corada e fotografada para avaliação da presença de remanescentes teciduais. A outra metade foi avaliada em MEV para verificação de *smear layer*. Nenhuma substância irrigadora foi capaz de remover totalmente o remanescente tecidual e *smear layer*, apesar da associação ultrasom/NaOCl ter diminuído a presença. Os autores observaram que o tecido orgânico remanescente estava localizado sempre em áreas onde o instrumento endodôntico teve dificuldade em tocar as paredes do canal radicular.

Yang *et al.* (1996) avaliaram a capacidade de duas substâncias químicas em promover aumento da limpeza dos resíduos orgânicos dos canais radiculares. Foram utilizados os canais mesiais de 75 molares extraídos recentemente e instrumentados com técnica manual step-back até o calibre #25 à 1,0 mm aquém do forame e, acesso radicular com brocas de gates-glidden #2 a #4. A cada troca de instrumento foi utilizado 2 ml de NaOCl 2.5%. Os canais foram

secos e divididos em grupos acorde a substância química que iria preenchê-lo e o tempo de contato que iria permanecer. Utilizaram  $\text{Ca(OH)}_2$  misturado com soro fisiológico, NaOCl 2.5% isoladamente ou nenhuma medicação por tempos de 1 ou 7 dias, e em seguida mantidos em estufa à 37°C por 7 dias. Após estes períodos os canais foram irrigados com água destilada e recapitulados com o instrumento #25 para remover as substâncias utilizadas. As coroas foram removidas e os dentes preparados para exame histológico. A limpeza do canal principal e áreas inacessíveis nos níveis apical, médio e cervical foram examinadas e comparadas. Os resultados mostraram não haver diferenças estatísticas significativas entre os grupos nos tempos de 1 e 7 dias no canal principal e nas áreas inacessíveis. A instrumentação associada ao NaOCl por si só permite a remoção do tecido do canal principal. O contato prolongado com  $\text{Ca(OH)}_2$  e NaOCl foi igualmente inefetivo, sendo que nenhum contribuiu significativamente para a limpeza do canal em áreas inacessíveis aos instrumentos endodônticos.

Com o mesmo objetivo, Türkün & Cengiz (1997) utilizaram dentes humanos com polpa mortificada para verificar se, quando o canal radicular é preenchido entre as sessões de tratamento com pasta de hidróxido de cálcio, o efeito de solvência tecidual da solução de NaOCl é aumentada. Após instrumentar o canal tendo como substância química o soro fisiológico, os dentes foram divididos em grupos. Um grupo recebeu pasta de hidróxido de cálcio por 7 dias antes de serem irrigados com NaOCl 0.5 e 5%. Outro grupo foi irrigado diretamente com NaOCl ou água de cal e analisados no MEV. A medicação com hidróxido de cálcio seguida de irrigação com NaOCl produziu paredes mais limpas que a irrigação com NaOCl isoladamente. O hidróxido de cálcio provocou uma cauterização dos tecidos, facilitando assim a ação solvente do NaOCl. Porém, no grupo que foi irrigado isoladamente, sem medicação, a solução de NaOCl 5% foi mais eficaz que a 0.5% na limpeza das paredes.

Constatação interessante foi observada por Evans *et al.* (2001) que avaliaram a influência da técnica de preparo, manual ou automatizada, e da substância química auxiliar, NaOCl ou água destilada, na capacidade de limpeza

de dentes portadores de polpa vital recentemente extraídos. Quarenta e seis dentes humanos, molares e pré-molares, foram preparados em até 24 horas após a extração, utilizando as seguintes técnicas de preparo e substâncias químicas auxiliares: grupo 1: técnica manual escalonada com NaOCl 3%; grupo 2: técnica manual escalonada com água destilada; grupo 4: técnica rotatória com NaOCl 3%; grupo 4: técnica rotatória com água destilada. Foram utilizados os canais vestibulares de molares superiores, mesiais dos molares inferiores e os canais vestibulares de pré-molares inferiores. Os canais foram pré-alargados com brocas gates-glidden e o comprimento de trabalho estabilizado à 1,0 mm aquém do forame. O volume das substâncias químicas utilizada por canal foi de aproximadamente 30 ml seguido de irrigação final com 3 ml de água destilada independentemente do grupo. Para a técnica manual utilizaram-se limas Flexofile, sendo que para o preparo apical, foi utilizada três números acima da que se ajustou ao comprimento de trabalho. Para a técnica automatizada foi utilizado o sistema Quantec Series 2000 acorde a recomendação do fabricante. Após o preparo, os dentes foram fixados com formol 4% e submetidos ao processamento histológico onde foram analisados os terços cervical, médio e apical em 7 níveis. Os resultados mostraram que houve diferença estatística significativa entre os grupos na quantidade residual de pré-dentina e tecido pulpar. O terço coronário apresentou-se mais limpo que o apical, mas foi observado que frequentemente havia resíduos de tecido pulpar bloqueando o terço apical no comprimento de trabalho. Havia uma tendência para uma maior limpeza de pré-dentina e polpa em áreas inacessíveis dos canais quando do preparo rotatório e irrigação com NaOCl. Nos istmos havia frequentemente menos resíduos de tecido pulpar quando do uso do NaOCl, porém sem diferenças estatísticas em relação ao grupo onde foi utilizado o soro fisiológico.

Walters et al. (2002) analisaram a eficácia da associação de um aparelho de irrigação acoplado ao contra-ângulo de instrumentação comparado com irrigação manual convencional nos 5 mm apicais utilizando o NaOCl 2.6%. Foram utilizados dentes monoradiculares, extraídos, instrumentados com sistema

profile 0.04, do #20 ao #40. No grupo da irrigação manual, 2 ml de NaOCl foi utilizado a cada troca de instrumento posicionando a agulha de irrigação o mais próximo do comprimento de trabalho mas sem travar na parede. Já para o sistema de irrigação acoplado ao motor de instrumentação, havia constante irrigação enquanto o instrumento estava em funcionamento. Os espécimes foram analisados por meio de cortes histológicos que mostraram que não houve diferenças estatísticas significativas entre a quantidade de remanescentes de tecido pulpar no terço apical entre os grupos.

Em outro trabalho para avaliar a capacidade de limpeza após instrumentação, Arruda *et al.* (2003) usaram cortes histológicos para a avaliação da limpeza do terço apical de canais com achatamento mesio-distal. Foram utilizados incisivos inferiores preparados com instrumentos rotatórios ProFile 0.04. tendo como substância química auxiliar a água destilada, NaOCl 1% alternado com EDTAC 17% e NaOCl 1% associado ao creme Endo PTC. Concluíram que a melhor limpeza foi obtida com o uso da solução de NaOCl 1%, apesar de que nenhuma solução tenha sido capaz de limpar completamente toda região.

Também Marchesan *et al.* (2003) analisaram a qualidade da limpeza de canais radiculares promovida pela técnica de instrumentação rotatória no qual variou-se a substância química auxiliar. Doze incisivos centrais inferiores humanos extraídos, cujos canais apresentavam-se achatados no sentido mesio-distal foram divididos em três grupos e instrumentados com o sistema rotatório Profile 0.04 da lima #15 a #40 à 0.5 mm aquém do forame apical. Foram utilizados o NaOCl 0.5%, o HCT20 e a solução de CHX 2% em volume de 2 ml a cada troca de instrumento. Água destilada foi utilizada em todos os grupos como irrigação final. A área apical dos dentes foi removida e submetida a processamento histológico. As secções dos 5 mm apicais foi examinada em microscópio ótico, e o percentual de debris calculado. Os resultados mostraram haver diferenças estatísticas entre os grupos, sendo que o NaOCl 0.5% foi mais efetivo que a CHX 2% e esta mais que o HCT20. Entretanto, nenhuma das substâncias químicas utilizadas permitiu canais completamente limpos.



Barato-Filho *et al.* (2004) avaliaram histologicamente a capacidade de limpeza que diferentes concentrações de NaOCl promovem quando associado ao preparo com instrumentos rotatórios. Vinte incisivos centrais inferiores humanos extraídos apresentando canais achatados foram divididos em 4 grupos e preparados utilizando o sistema Profile 0.04 do instrumento #15 ao #35 associado às seguintes substâncias químicas auxiliares: grupo I, NaOCl 0.5%; grupo II, NaOCl 1%; grupo III, NaOCl 5%; grupo IV, água destilada. Para cada instrumento foi utilizado 2 ml da substância irrigadora a qual permanecia por 30 segundos no interior do canal radicular. Os dentes foram submetidos ao processamento histológico e cortes seriados transversais realizados. Os resultados mostraram que em todos os grupos houve a presença de tecido pulpar remanescente, e a análise estatística mostrou que o NaOCl 5% foi mais eficiente na limpeza que a água destilada e o NaOCl 0.5%. O NaOCl 1% apresentou-se com eficácia intermediária.

Com o objetivo de avaliar a eficácia do NaOCl 5.25% e da CHX gel 2% na remoção de pré-dentina nos terços cervical, médio e apical do canal radicular de incisivos inferiores humanos com polpas vitais e achatamento méso-distal Bruzadelli (2006), instrumentaram somente a parede vestibular dos canais com técnica coroa-ápice até o instrumento #40 e escalonaram até o #50. A parede lingual foi preservada da ação dos instrumentos para a verificação da ação das substâncias químicas auxiliares. Durante o preparo químico-mecânico, o volume e a frequência da irrigação foram padronizados em 3 ml por instrumento e um tempo de 15 minutos para que as substâncias utilizadas pudessem agir. Os espécimes foram analisados histologicamente quanto a presença e quantidade de pré-dentina remanescente na superfície lingual (parede não instrumentada). Os resultados mostraram que nos terços cervical, médio e apical, a remoção de pré-dentina proporcionada pela solução de NaOCl 5.25% foi superior à CHX gel 2% e ao soro fisiológico. Quando utilizada a mesma substância química, não houve diferença estatística entre os terços analisados. Concluiu que a solução de NaOCl 5.25% foi superior à CHX gel 2% e ao controle com soro fisiológico quanto à remoção de

pré-dentina nas áreas não instrumentadas. Nenhuma substância química foi capaz de remover completamente a pré-dentina nas áreas mais profundas das reentrâncias. Nas áreas instrumentadas e irrigadas, ocorreu sempre a completa remoção de pré-dentina das paredes do canal radicular com quaisquer das substâncias utilizadas.

Burleson *et al.* (2007) avaliaram a eficácia da limpeza produzida pelas técnicas de instrumentação manual e rotatória, e associada ao ultrassom. Foram utilizados 48 dentes molares inferiores humanos que apresentavam diagnóstico clínico de periodontite apical assintomática. Vinte canais mesiais foram preparados com técnica manual/rotatória com o sistema Profile GT, onde a lima de máximo alargamento apical foi a #30, tendo o NaOCl 6% como a substância química auxiliar. Outros vinte canais mesiais foram preparados de maneira similar, sendo que ao final do preparo, foi utilizado um sistema de ultrassom ativado por 1 minuto. Oito dentes serviram como controle para avaliar a presença de tecido necrótico. Para cada canal foi utilizado uma irrigação final com 15 ml de NaOCl, sendo que no grupo 2 este NaOCl foi energizado com o uso do ultrassom. Após o preparo, os canais foram selados com Cavit, os dentes extraídos e fixados em formol 10%, descalcificados e preparados para análise histológica. Secções da área apical entre 1,0 mm e 3,0 mm foram realizadas a cada 0,2 mm e mostraram que havia diferenças significativas em todos os níveis entre as duas técnicas de preparo. Os percentuais de áreas sem remanescentes de tecido pulpar em canal foi de 80% e 95%, 92% e 99%, 95% e 100% os níveis de 1,0 mm, 2,0 mm e 3,0 mm para os grupos 1 e 2 respectivamente. Para as áreas de istmos os percentuais foram de 33% e 83%, 31% e 86% e, 45% e 91% nos níveis 1, 2 e 3 para os grupos 1 e 2 respectivamente. A análise estatística revelou que a limpeza dos canais e istmos foi significativamente maior para a técnica que utilizou o ultrassom para todos os níveis avaliados.

Ferreira *et al.* (2008) avaliaram a capacidade de limpeza de diferentes substâncias químicas auxiliares energizadas com ultrassom. Vinte e oito incisivos inferiores humanos uniradiculares foram preparados com o sistema Hero 642 com

a seqüência #25/.12, #30/.06, #35/.02 a #40/.02 à 1,0 mm aquém do ápice, e divididos em quatro grupos iguais. Durante a fase de preparo do canal radicular os canais foram irrigados com 2 ml de água destilada entre as trocas dos instrumentos. Cada grupo recebeu uma irrigação final com 100 ml de uma das seguintes substâncias que foram ativados por um sistema ultrasônico durante 3 minutos: grupo 1, água destilada; grupo 2, digluconato de CHX 0.2%; grupo 3, NaOCl 2.5%; e grupo 4, um filtrado obtido da combinação de CHX 0.2% e NaOCl 2.5%. A área apical dos canais de cada grupo foi submetida a processamento histológico e analisado em microscópio ótico. Os resultados não mostraram diferenças estatísticas entre os grupos 1 e 2 que apresentaram similar quantidade de remanescentes pulpare (debris), enquanto que para os grupos do NaOCl 2.5% e do filtrado foram mais eficientes.

De-Deus *et al.* (2009) avaliaram a influência de três sistemas rotatórios de Niti na qualidade do debridamento do canal radicular. Sessenta e sete molares mandibulares com polpa vital foram extraídos e mantidos em solução de formol 10%. Três diferentes sistemas rotatórios, Hero 642, K3 e ProTaper Universal foram utilizados para o preparo em grupos de 20 dentes cada, acorde orientação do fabricante. Utilizou-se o NaOCl 5.25% como substância química auxiliar e irrigadora, sendo que para canal foi utilizado 12ml do NaOCl com pH 10.8. Ao final do preparo fez-se uma irrigação final com 3ml de água destilada. Para os sistemas Hero 642, K3 e ProTaper Universal, o último instrumento que trabalhou no comprimento de trabalho foi o # 30/.02, # 30/.04 e F3 (#30/.09) respectivamente. Após o preparo, os dentes foram submetidos ao processamento histológico e avaliados com cortes transversais seriados a cada 0,2 mm entre 1 e 3 mm apicais. Os remanescentes de tecido pulpar foram analisados dentro de uma abordagem morfométrica, e as percentagens de área com tecido pulpar foi calculada. Os resultados mostraram que em 96% dos espécimes houve remanescente de tecido pulpar nas paredes dos canais, e os testes estatísticos foram incapazes de mostrar diferenças entre os diferentes sistemas rotatórios.

### **3 PROPOSIÇÃO**

Este trabalho apresenta dois objetivos:

a) Desenvolver uma metodologia para avaliar “ex vivo” a ação de dissolução tecidual do hipoclorito de sódio dentro do canal radicular de dentes bovinos;

b) Avaliar a dissolução tecidual do hipoclorito de sódio sobre polpa de dentes bovinos, variando-se concentração e tempo de contato.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

Foram selecionados 123 dentes incisivos inferiores de bovinos, com idade aproximada de 48 meses das raças Nelore (*Bos Taurus Indicus*) e Chanchin (5/8 *Bos Taurus Taurus* e 3/8 *Bos Taurus Indicus*) extraídos com auxílio de alavanca reta (SSWhite Duflex, Rio de Janeiro, RJ, Brasil - ref 10140) e fórceps Standard (SSWhite Duflex, Rio de Janeiro, RJ, Brasil - ref. 06260) entre 30 e 35 minutos após o abate dos animais (Frigorífico Argus, BR 376, KM 19,5, São José dos Pinhais, PR, Brasil). Destes, 3 dentes foram utilizados para a realização do teste piloto, e os outros 120 dentes para a parte experimental. Foram extraídos os dois incisivos centrais, denominados de pinças, e os primeiros incisivos laterais direito e esquerdo após os centrais, denominados de primeiros médios. À medida que eram extraídos, acondicionava-os em uma pequena caixa térmica contendo gelo. Após período entre duas horas e duas horas e trinta minutos do abate, os dentes foram lavados com água refrigerada, limpos dos remanescentes teciduais aderidos às raízes, acondicionados em embalagens plásticas em grupos de 5 e mantidos congelados à -20°C. Após o congelamento, os dentes foram utilizados no experimento num período entre 1 e 7 dias.

### **4.1 Desenvolvimento da metodologia**

Foi utilizado um espécime que foi retirado da embalagem plástica onde estava acondicionado e congelado, e de posse de um paquímetro digital Mitutoyo série 500 (Mitutoyo Sul Americana, Suzano, SP, Brasil) mediu-se 15 mm a partir do ápice e, com disco diamantado mono face (Microdont, São Paulo, SP, Brasil) montado em peça de mão reta acoplado à micromotor pneumático (Kavo do Brasil, Joinville, SC, Brasil), realizou-se um corte perpendicular ao longo eixo do

dente separando-o em duas partes, descartando-se a coronária (Figuras 1 e 2).

Com o mesmo disco diamantado, confeccionou-se um sulco longitudinal na região central da face vestibular no sentido corono apical com aproximadamente 1 mm de profundidade para servir de guia de inserção quando da confecção de um alvéolo artificial (Figura 3).



Figura 1 – Incisivo inferior de bovino.

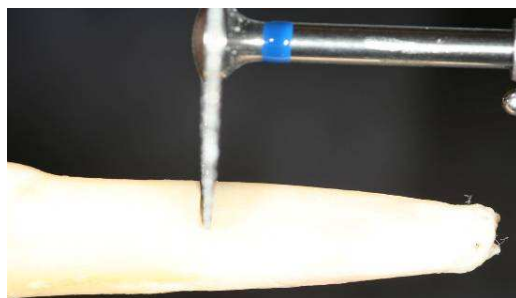


Figura 2 – Corte em 15 mm a partir do ápice.



Figura 3 – Fragmento do dente com sulco confeccionado na face vestibular.

Para este alvéolo, foi selecionado um pedaço de cano de PVC (Poli Cloreto de Vinila) com 3 cm de comprimento e 2,5 cm de diâmetro (Tigre, Joinville, SC, Brasil) que serviu de moldeira, e então preenchido com material utilizado em moldagem. Foi manipulada porções idênticas de pasta base e catalizadora do polivinilsiloxano de polimerização por adição Virtual Putty Regular Set (Ivoclar Vivadent Ltda-Schaan, Liechtenstein) conforme instruções do fabricante e inserido no pedaço de tubo de PVC de modo que o preenchesse totalmente. Em seguida inseriu-se o dente no centro do material de moldagem até a parte superior do dente coincidir com o bordo mais alto do tubo. Após a presa do material, o dente foi removido e o alvéolo ampliado utilizando uma fresa para acrílico Maxicut HM 79 (Wilcos Meisinger, Petrópolis, RJ, Brasil) acoplado em peça de mão reta e micromotor pneumático. Em seguida, dispersou-se quantidades iguais do material polivinilsiloxano de polimerização por adição Virtual Light Body Regular Set (Ivoclar Vivadent Ltda-Schaan, Liechtenstein) sobre uma placa de vidro, manipulou-se acorde instruções do fabricante e com auxílio de uma seringa, injetou-o no interior do alvéolo. A seguir, inseriu-se gentilmente o dente de modo que o término coronário ficasse coincidindo com o bordo mais alto do material de moldagem e do tubo de PVC (Fig. 4, 5 e 6).

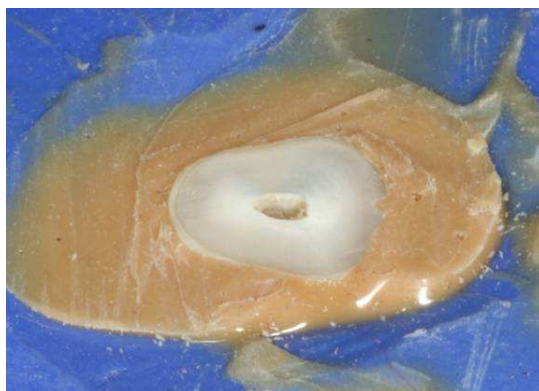


Figura 4 – Dente inserido no alvéolo artificial em silicona de adição.



Figura 5 – Dente posicionado no alvéolo artificial e o sulco vestibular criado na moldagem.

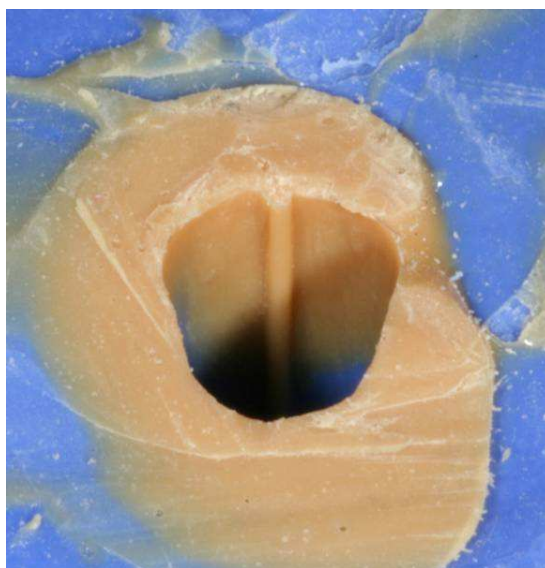


Figura 6 – Visão da saliência no alvéolo originado pelo sulco criado na face vestibular.

Findo o tempo de presa do material leve, a moldagem foi removida do tubo de PVC e, com estilete de 18 mm (Disma ferragens, Curitiba, Paraná, Brasil), removeu-se a parte frontal da silicona até expor 1/3 da raiz no sentido longitudinal,



porém, sem deixar o dente se deslocar do alvéolo.

O dente foi removido do alvéolo e com o mesmo disco diamantado utilizado anteriormente, seccionou-se a raiz com um corte perpendicular, separando-a em dois fragmentos, apical com 5 mm e coronário com 10 mm (Figuras 7 e 8). Com isto foi possível manter o tecido pulpar intacto e sem deslocamento das paredes do canal no fragmento apical, pois o corte foi muito rápido e há poucos minutos após o dente ter sido removido do freezer, pois a polpa ainda estava congelada. A parte apical do dente foi denominada de fragmento apical, e a porção coronária de fragmento coronário. No fragmento coronário foi utilizada a broca largo # 3 e # 4 (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça) acoplada em contra-ângulo de baixa rotação para remover o tecido pulpar, planificar e regularizar o espaço do canal radicular (Figuras 9 e 10). Com 10 ml de solução fisiológica irrigou-se o canal do fragmento coronário para remover detritos de dentina e polpa.



Figura 7 – Dente após remoção do alvéolo e divisão em duas partes: fragmento coronário (10 mm) e fragmento apical (5 mm).

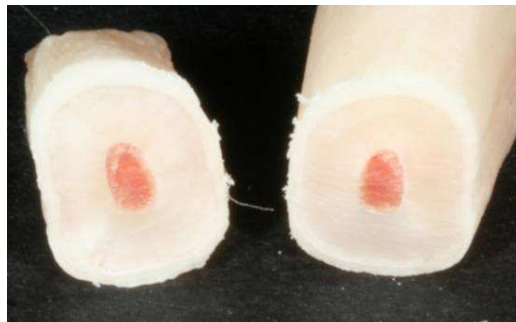


Figura 8 – Visão da integridade da polpa nos fragmentos coronário e apical.



Figura 9 – Polpa do fragmento coronário removida e mantida a do fragmento apical. Visão no local da secção.



Figura 10 – Broca de Largo utilizada para a regularização do espaço do canal do fragmento coronário.

O fragmento apical foi reposicionado no alvéolo até ocorrer uma adequada adaptação na porção mais profunda. O sulco confeccionado na face vestibular serviu de guia para o reposicionamento. Em seguida o fragmento coronário foi reposicionado até ser possível a coincidência da parte superior do dente com o nível superior do material de moldagem. Pela parte frontal do alvéolo em que a silicona foi removida com o estilete, observou-se que havia um espaço entre os fragmentos coronário e apical oriundo da perda tecidual proveniente da espessura do disco diamantado que realizou o corte separando a raiz em dois fragmentos. Esta falta de adaptação acarretaria em vazamento da substância química auxiliar que seria utilizada durante o experimento (Figura 11A).

Para solucionar este problema, o fragmento coronário foi removido e mantido o fragmento apical no alvéolo artificial. Em seguida foi utilizado uma pequena porção de cimento autocondicionante RelyX U100 (3M ESPE/AG, Germany) para preencher e unir o espaço entre os fragmentos coronário e apical. Dispersou-se quantidades iguais de pasta base e catalisadora sobre um bloco de papel para manipulação, e com auxílio de uma espátula metálica dupla # 70 (SS White Duflex, Rio de Janeiro, RJ, Brasil - ref. 11420) misturou-se até obter uma consistência homogênea. Com a ponta de uma sonda exploradora dupla (SS White Duflex, Rio de Janeiro, RJ, Brasil - ref. 12117) levou-se uma pequena porção deste cimento sobre toda a circunferência da parte cervical do fragmento apical o mais externo possível e, em seguida, assentou-se o fragmento coronário até ser possível observar que este estava posicionado adequadamente coincidindo com o nível superior da silicona. Em seguida o cimento foi fotoativado por 20 segundos com aparelho LED FlashLite 401 (Discus Dental Inc, Culver City, CA, Estados Unidos) com o dente posicionado no alvéolo artificial e, em seguida, removido do alvéolo e fotoativado na face oposta por mais 20 segundos. Os espaços que haviam entre os fragmentos devido a falhas foram, na sequência, preenchidos com o mesmo cimento (figura 11B, 11C, 11D).

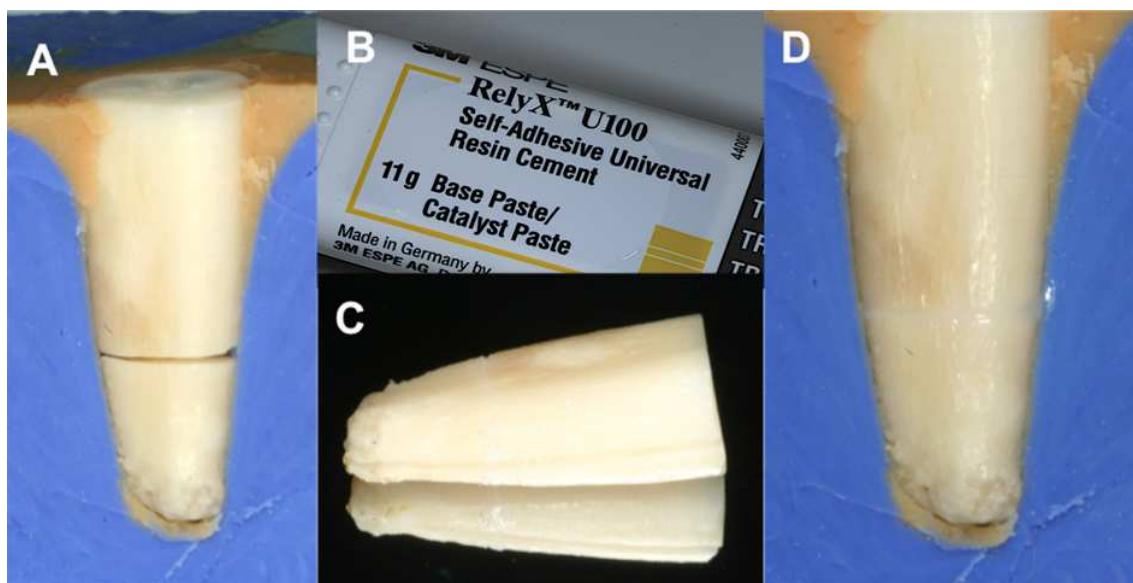


Figura 11 – A. Reposicionamento dos fragmentos apical e coronário no alvéolo artificial. Observar a presença de espaço originada pelo disco de corte quando da separação do dente. B. Cimento autoadesivo RelyX U100 utilizado para fazer a união dos fragmentos. C. Após união do dente por meio do cimento autoadesivo. D. Após reposicionado do dente no alvéolo artificial com os espaços preenchidos pelo cimento autoadesivo.

Com auxílio de microscópio clínico (DF Vasconcelos, São Paulo, SP, Brasil) em aumento de 12X, foi observado pela entrada do canal do fragmento coronário que o cimento resinoso autocondicionante não tinha invadido o espaço do canal. A polpa apresentava-se com aspecto vermelho vivo, consistente e aderida às paredes do canal radicular do fragmento apical, diferentemente do que havia ocorrido no primeiro teste. Este modelo experimental mostrou-se viável.

## **4.2 Utilização do hipoclorito de sódio**

Foram definidos 5 grupos com as substâncias químicas a serem testadas bem como o protocolo de utilização. Foi utilizado o NaOCl 1%, 2.5% e 5.25% com pH entre 11,0 e 12,0, e para o grupo controle, solução fisiológica 0,9%. O NaOCl foi preparado em Farmácia de manipulação (Salvena Manipulação e Homeopatia, Curitiba, Paraná, Brasil) e utilizado entre 1 e 7 dias após o preparo. A solução fisiológica 0,9% (Laboratório Tayuyana, Nova Odessa, SP, Brasil) foi adquirida em farmácia convencional com uso dentro do prazo de validade.

Para o grupo 1 (G1), NaOCl 1%; para o grupo 2 (G2), NaOCl 2.5%; para o grupo 3 (G3), NaOCl 5.25%; e para o grupo 4 (G4), soro fisiológico. Para cada substância química era utilizado o seguinte protocolo. O espaço do canal radicular do fragmento coronário era irrigado com 5 ml da substância química selecionada, mantendo-o preenchido com esta. Para o tempo de 10 minutos, após a irrigação inicial, aguardava-se o tempo selecionado e então realizava-se uma irrigação final com 5 ml da mesma substância química. Para o tempo de 30 minutos foi realizado 2 renovações da substância química, ou seja, uma renovação a cada 10 minutos. Para o tempo de 60 minutos o procedimento foi similar, ou seja, uma renovação da substância química a cada 10 minutos totalizando 5 renovações (Tabela 1). Os testes em cada grupo foram realizados em módulos de 5 dentes, e cada grupo foi realizado em dias diferentes em sala climatizada à 22°C.

Tabela 1 - Protocolo de trabalho e divisão dos grupos.

Grupo		tempo de contato	n	intervalo entre as irrigações	volume total utilizado
1	NaOCl 1%	10 minutos	10	10 minutos	10 ml
		30 minutos	10	10 minutos	20 ml
		60 minutos	10	10 minutos	35 ml
2	NaOCl 2.5 %	10 minutos	10	10 minutos	10 ml
		30 minutos	10	10 minutos	20 ml
		60 minutos	10	10 minutos	35 ml
3	NaOCl 5.25 %	10 minutos	10	10 minutos	10 ml
		30 minutos	10	10 minutos	20 ml
		60 minutos	10	10 minutos	35 ml
4	Soro fisiológico	10 minutos	10	10 minutos	10 ml
		30 minutos	10	10 minutos	20 ml
		60 minutos	10	10 minutos	35 ml

Para os procedimentos de irrigação, utilizou-se uma seringa plástica descartável BD Plastipak (Becton, Dickinson and Company, Curitiba, PR, Brasil) de 10 ml com bico Luer-Lock e agulha hipodérmica 26G x 23 mm Neolus NN-2623RL (Terumo, Tóquio, Japão). Esta agulha teve o bisel removido com disco diamantado e pré-curvada em 45° a 15 mm a partir da ponta. Então, para limitar a profundidade de atuação da substância irrigadora somente no fragmento coronário, utilizou-se um cursor de silicone (Ângelus, Londrina, PR, Brasil) posicionado à 9 mm a partir da ponta (Figuras 12 e 13). Assim durante os procedimentos de irrigação, não haveria contacto da agulha com o tecido pulpar do fragmento apical. A irrigação era realizada com pressão constante e contínua,

demorando-se aproximadamente 15 segundos para que os 5 ml fossem consumidos.



Figura 12 – Cursor limitador de profundidade da agulha de irrigação.



Figura 13 – Cursor posicionado à 9,0 mm da ponta da agulha de irrigação.

O volume de NaOCl que o fragmento coronário permitia acomodar foi calculado. Como houve a regularização das paredes do canal radicular com as brocas de largo # 3 e # 4 para que este espaço fosse similar em todas as amostras, conseguiu-se com isto medidas que podem ser utilizadas no cálculo do volume. Utilizou-se a formula matemática para o cálculo do volume da figura geométrica cilindro, que é a seguinte:

$$V=\pi.(R)^2.h$$

Onde R, é o raio da base (que é um círculo) e, h, a altura. Como foi utilizado até a broca de largo # 4 que apresenta diâmetro de 1,10 mm, o raio é a metade desta medida, ou seja, 0,55 mm, e  $\pi$  tem valor de 3,14. A altura deste cilindro é o comprimento do fragmento coronário que foi padronizado em 10 mm. Sendo assim, procedeu-se ao seguinte cálculo:

$$V= 3,14 (0,55)^2.10$$

$$V= 3,14. (0,3025).10$$

$$V = 9,4985 \text{ mm}^3$$

Esta medida em  $\text{mm}^3$  foi transformada em mililitros (ml) que é uma medida mais comumente utilizada na identificação das seringas de irrigação e facilita a compreensão. Para isto foi realizado a seguinte equivalência:

$$9,4985 \text{ mm}^3 = 0,01 \text{ ml}$$

Tão logo o teste era finalizado em cada grupo, os dentes eram removidos dos alvéolos artificiais e, de posse de dois osteótomos (SSWhite Duflex, Rio de Janeiro, RJ, Brasil - ref. 06405), os fragmentos coronários e apicais



que estavam unidos pelo cimento RelyX U100, eram separados. Para isto, apreendiam-se os fragmentos coronário e apical com os osteótomos o mais próximo possível da linha de união, e com movimentos flexionais, rompia-se a união que havia sido conseguida com o uso do cimento. O fragmento coronário foi descartado e o apical colocado em um tubo de ensaio (JR Helke, Curitiba, PR, Brasil) contendo formol 10%, identificando-o a que grupo pertencia.

### **4.3 Processamento histológico**

Os espécimes permaneceram entre 5 e 7 dias na solução de formol 10% e em seguida os procedimentos relativos ao processamento histológico foram realizados no Laboratório de Histotecnologia do Departamento de Biologia Celular da Universidade Federal do Paraná.

Para isto os espécimes foram desmineralizados mergulhando-os em ácido tricloroacético (TCA 5% -  $C_2HCl_3O_2$ ), trocando os banhos a cada 24 horas durante 35 dias. Seguiu-se por desidratação por banhos numa série alcalina crescente com os alcoóis 70°, 80°, 90°, 95°, absoluto 1, absoluto 2, absoluto 3 e absoluto 4, durante 1h30min em cada banho. Após isto os espécimes foram diafanizados passando por banhos de álcool absoluto + xilol (durante 1h30min), xilol 1 (durante 40min), xilol 2 (30min) e xilol 3 (durante 15min). A seguir os dentes foram incluídos em parafina histological (Histosec), passando por dois banhos à 58°C, durante 2hs cada. A seguir foi realizada a microtomia, onde cortes de espessura de 7 µm foram obtidos, e desdentados nas lâminas histológicas. As lâminas com os espécimes foram coradas pelo método de Hemalumen + Eozina (H.E) e realizada a montagem com Permount.

Cortes longitudinais foram realizados em micrótomo até atingir a região central do dente e, ser possível observar a região central do canal radicular. Então, para cada espécime, 5 cortes foram realizados para que fossem fotografados e

selecionado o que apresentasse as melhores características. As lâminas com os cortes histológicos foram fotografados em microscópio óptico binocular Olympus BX-40 com câmera acoplada para captura de imagens Olympus DP71 e auxiliado por meio do programa DP Manager versão 3.1.1.208 em aumentos de 40X (Figuras 14A e B) no Laboratório de Ficologia do Departamento de Botânica do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná. Devido ao tamanho das amostras e ao aumento mínimo que as imagens poderiam ser obtidas (40X), foram realizadas 2 fotografias de cada espécime na qual foi mantido uma margem de cada amostra que se repetisse na imagem seguinte (Figuras 15A e B). As imagens foram montadas sobrepondo-as observando os locais que apresentavam a coincidência de imagens (Figura 16).

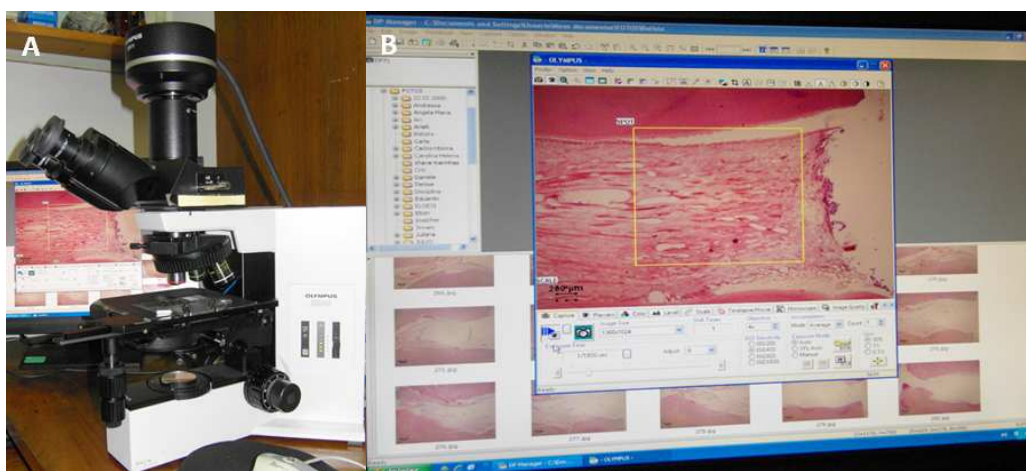


Figura 14 – Microscópio óptico binocular Olympus BX 40 (A). Visão do monitor após a captura da imagem (B).

A leitura dos resultados dos cortes histológicos foi realizada por meio do programa ImageTools 3.0, onde determinou-se a área total do canal radicular (em  $\text{mm}^2$ ) onde havia o tecido pulpar e em seguida a área do tecido pulpar que foi

dissolvida pelo NaOCl (Anexo - Tabela 3). Considerou-se a área total aquela em que se iniciava no bordo mais coronário, ou seja, no nível do corte do dente, seguindo-se até o local de menor constrição apical (fig 17 – linha branca). A área dissolvida foi considerada aquela que se iniciava no bordo mais coronário seguindo-se até ser observada a ausência de tecido no interior do canal (Figura 17 – linha vermelha). A diferença de área foi calculada em percentual utilizando-se regra de três simples, incluídos em tabelas e submetidos à análise estatística.

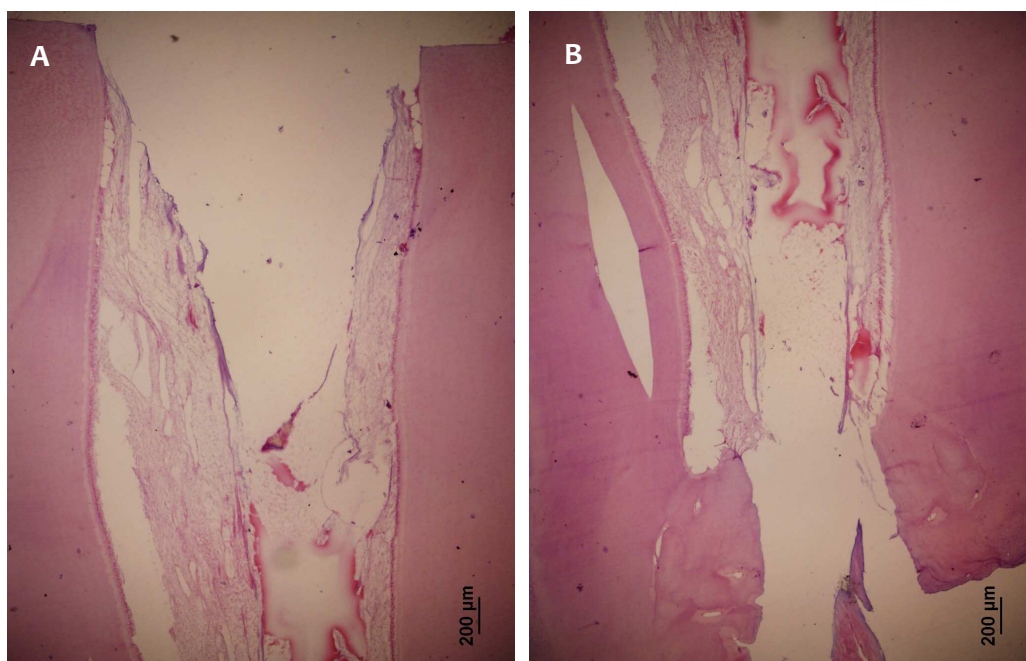


Figura 15 – Imagens capturadas do corte histológico em duas partes. Coronária (A) e apical (B). 40X.

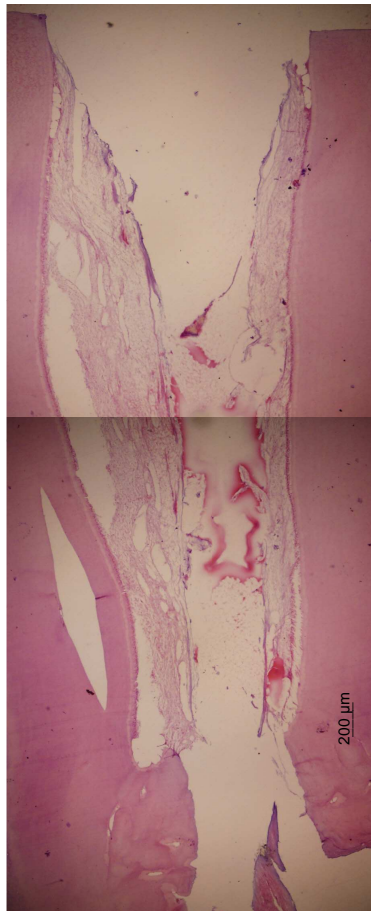


Figura 16 – Junção das duas imagens da figura 15 para a leitura dos resultados.



Figura 17 – A linha branca limita a área ocupada pela polpa e a linha vermelha a área dissolvida.

## Análise estatística

Os dados coletados foram sumarizados através do cálculo de medidas descritivas: média, desvio padrão e número de observações.

O pressuposto de normalidade foi testado através do teste de Lilliefors sendo observado que os dados não possuíam distribuição normal. Assim, aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para verificar as possíveis diferenças significativas. Para complemento do teste de Kruskal-Wallis, utilizou-se o teste de dms de comparações múltiplas para identificação das diferenças significativas. O nível de significância utilizado foi de 5% ( $p < 0,05$ ).

## 5 RESULTADOS

A análise dos resultados da dissolução da polpa pelo NaOCl foi realizada observado-se três aspectos: 1) a influência da concentração; 2) o tempo de contato e; 3) a interação da concentração x tempo de contato. Considerou-se que, em virtude da proposição deste trabalho, analisar somente os dados relativos à interação concentração do NaOCl x tempo de contato, os quais podem ser observados na Tabela 2. Os resultados dos testes estatísticos relativos à análise exclusiva da concentração da substância química e do tempo de contato encontram-se no Anexo (Tabelas 4 a 10 e Gráficos 1 e 2).

A análise das fotos dos cortes histológicos (fig. 16 a 18 – NaOCl 1%; fig. 19 a 21 – NaOCl 2,5%; fig. 22 a 24 – NaOCl 5,25%; fig. 25 a 27 – Soro fisiológico) mostra que a dissolução tecidual da polpa produzida pelo NaOCl ocorreu no sentido corono-apical, e foi maior à medida que se aumentou a concentração e o tempo de contato, sendo que, quanto maior foi a concentração do NaOCl, maior foi a área de dissolução pulpar.

As combinações (concentração do NaOCl x tempo de contato) que apresentaram o maior percentual de dissolução pulpar foram: NaOCl 2.5% com tempo de contato 60 minutos (95,24% de dissolução pulpar) e, NaOCl 5.25% também com tempo de contato de 60 minutos (100% de dissolução pulpar). Essas duas combinações não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si ( $p < 0,05$ ).

Foi observado que o NaOCl 1% e 2.5% com 10 minutos de contato apresentaram dissolução tecidual de 8,31% e 11,22% respectivamente, e não diferem significativamente entre si e nem com o soro fisiológico em qualquer um dos tempos analisados ( $p < 0,05$ ).

Para o NaOCl 1% e 2.5% com 30 minutos de contato, houve uma dissolução pulpar de 34,33% e 32,92% respectivamente, as quais não apresentaram diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

Analisando o NaOCl 1% pelo tempo de 60 minutos observa-se que o percentual de dissolução pulpar foi de 64,23%, sem diferenças significativas em relação ao NaOCl 5.25% com tempo de 10 minutos de contato.

Foi observado que, no grupo do soro fisiológico (G4), também foi considerado uma área de perda tecidual, que foi determinada seguindo o mesmo critério para os outros grupos onde houve a aplicação do NaOCl, a qual iniciava-se no nível do corte coronário da separação dos fragmentos. Esta perda provavelmente originou-se em consequência da retração do tecido pulpar.

Tabela 2 - Percentual de dissolução do tecido pulpar bovino em função da substância química utilizada e tempo de contato.

Tempos (minutos)	NaOCl 1% (± DP)	NaOCl 2.5% (± DP)	NaOCl 5.25% (± DP)	Soro fisiológico (± DP)
10	8,31% ± 4,69 <sup>Bc</sup>	11,22% ± 6,75 <sup>Bc</sup>	60,49% ± 10,73 <sup>Ac</sup>	2,53% ± 2,10 <sup>Ba</sup>
30	34,33% ± 25,53 <sup>Bb</sup>	32,92% ± 33,02 <sup>Bb</sup>	83,18% ± 19,94 <sup>Ab</sup>	3,88% ± 1,74 <sup>Ca</sup>
60	64,23% ± 24,46 <sup>Ba</sup>	95,24% ± 5,76 <sup>Aa</sup>	100% <sup>Aa</sup>	3,22% ± 1,50 <sup>Ca</sup>

Teste de Kruskal-Wallis (p<0,05).

Letras iguais = sem diferenças estatísticas significativas.

Letras diferentes = com diferenças estatísticas significativas.

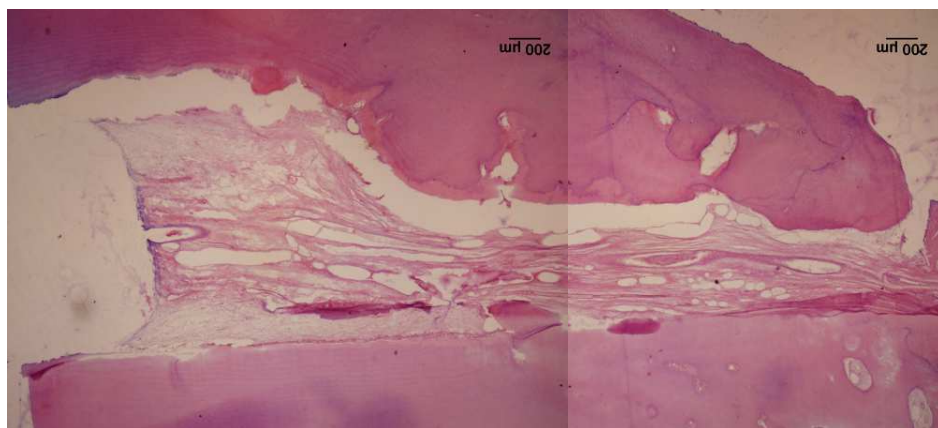


Figura 16 – Imagem do grupo 1 (NaOCl 1%), tempo de 10 minutos.

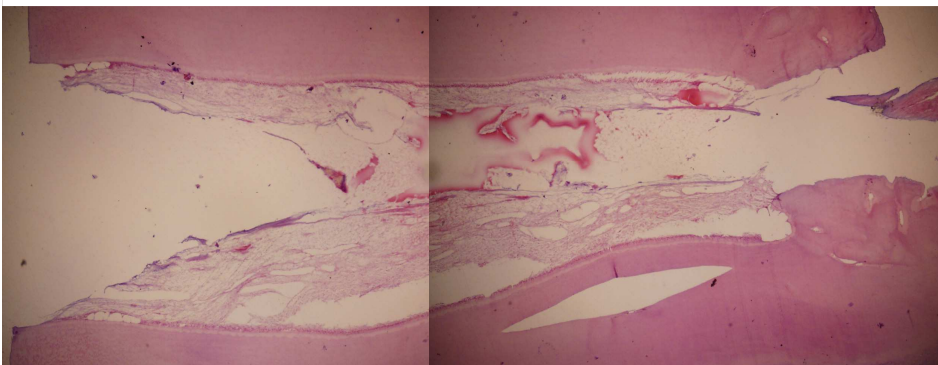


Figura 16 – Imagem do grupo 1 (NaOCl 1%), tempo de 30 minutos.

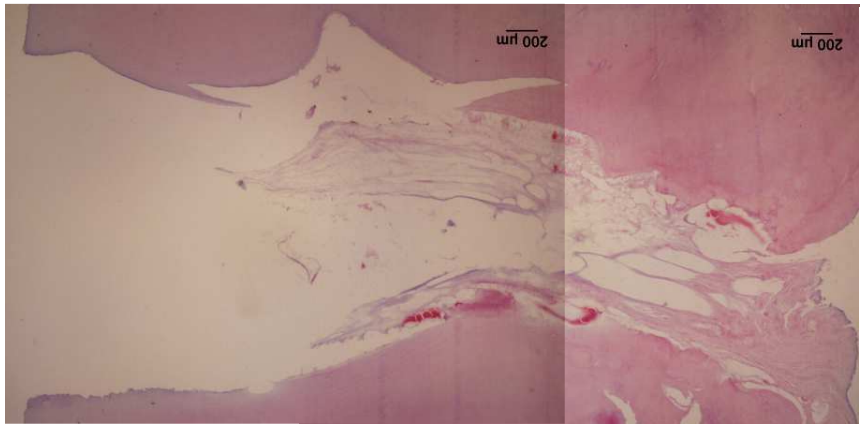


Figura 18 – Imagem do grupo 1 (NaOCl 1%), tempo de 60 minutos.



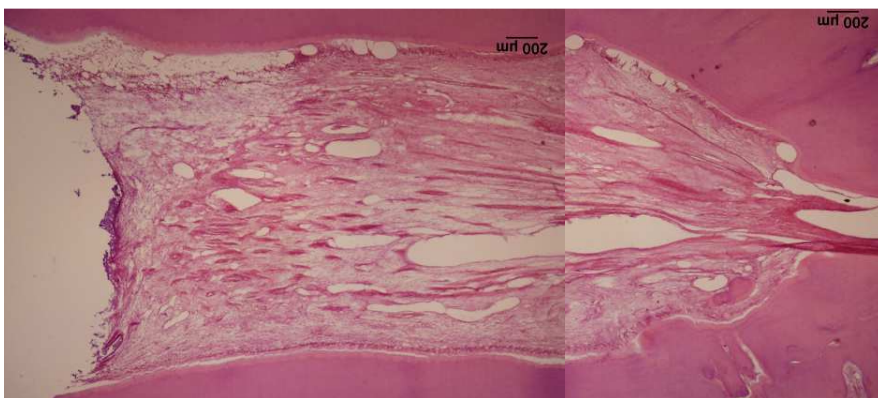


Figura 17 – Imagem do grupo 2 (NaOCl 2.5%); tempo de 10 minutos.

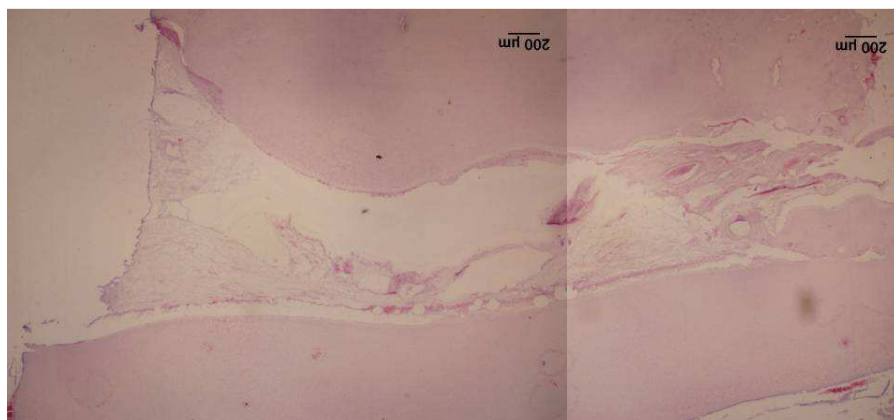


Figura 20 – Imagem do grupo 2 (NaOCl 2.5%); tempo de 30 minutos.

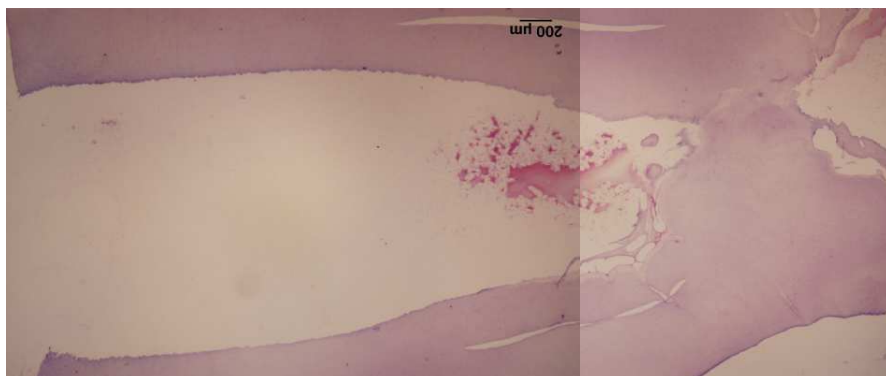


Figura 21 – Imagem do grupo 2 (NaOCl 2.5%); tempo de 60 minutos.

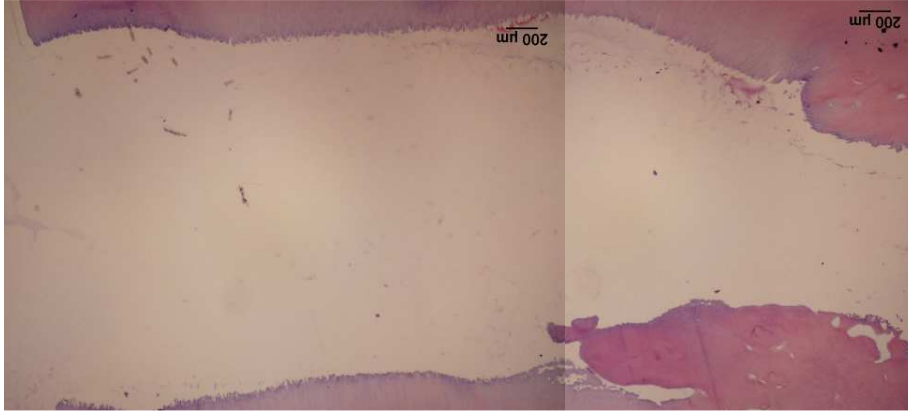


Figura 24 – Imagem do grupo 3 (NaOCl 5.25%), tempo de 60 minutos.

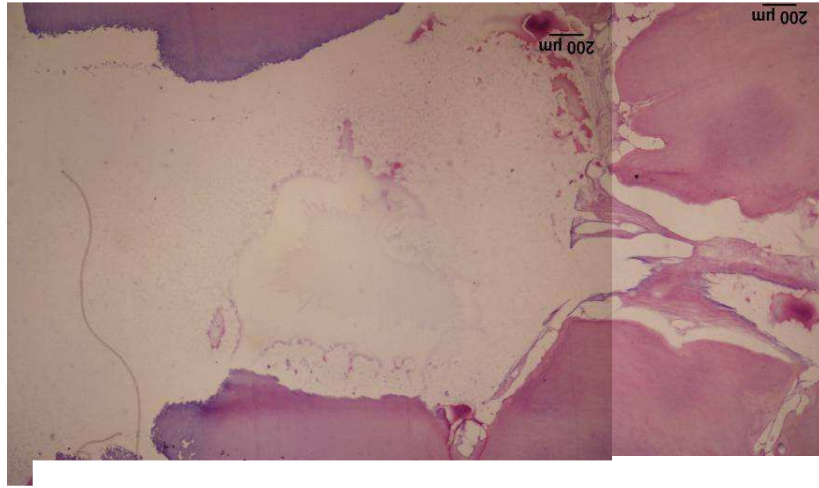


Figura 18 – Imagem do grupo 3 (NaOCl 5.25%), tempo de 30 minutos.

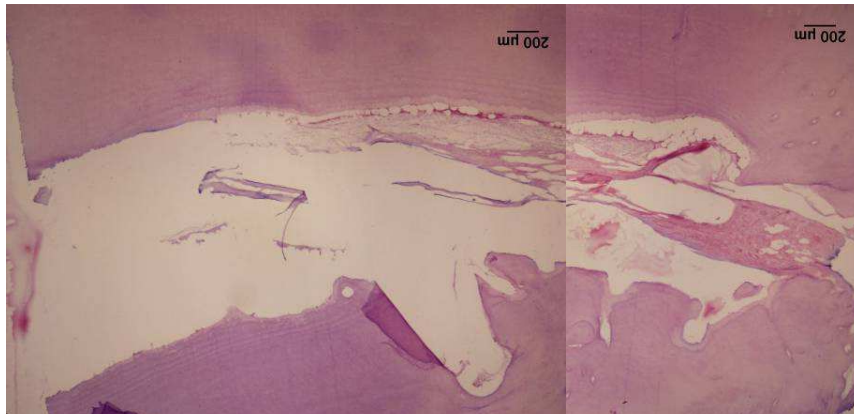


Figura 22 – Imagem do grupo 3 (NaOCl 5.25%), tempo de 10 minutos.

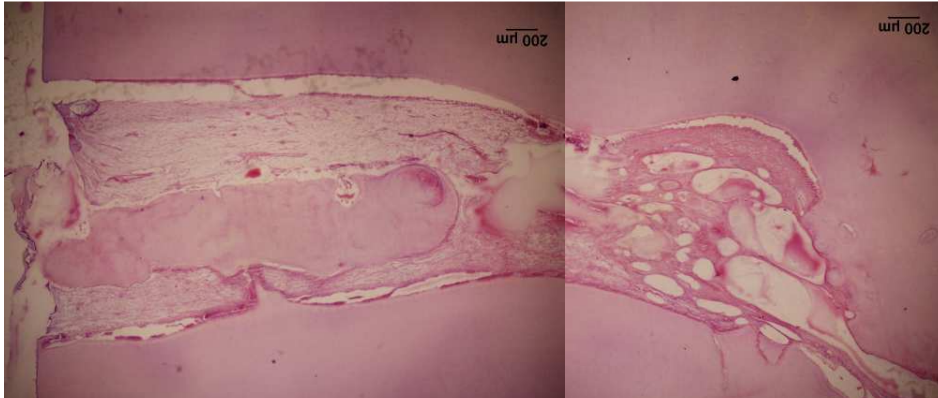


Figura 27 – Imagem do grupo 4 (Soro fisiológico), tempo de 60 minutos.

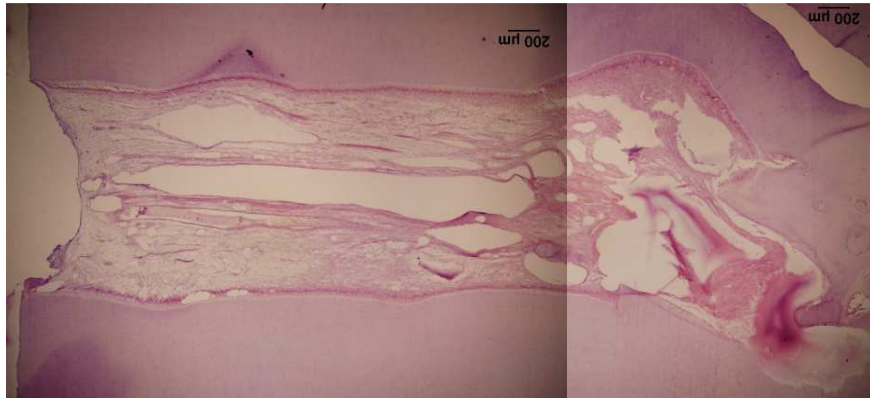


Figura 19 – Imagem do grupo 4 (Soro fisiológico), tempo de 30 minutos.

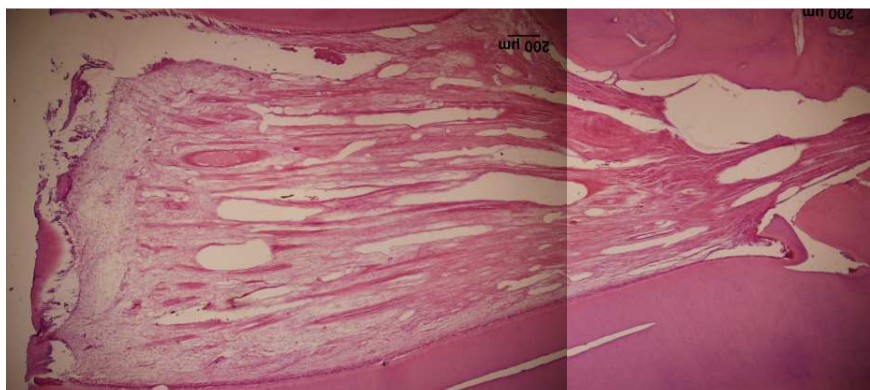


Figura 25 – Imagem do grupo 4 (Soro fisiológico), tempo de 10 minutos.

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 Em relação à metodologia

Este trabalho apresentou dois pontos principais que o diferencia dos encontrados na literatura. Primeiro, o relacionado à metodologia, e segundo, em relação à determinação da dissolução tecidual. Como frequentemente é utilizado um fragmento de tecido conjuntivo que fica em contato com o NaOCl, a análise consta em observar que, ao final de determinado tempo, houve ou não a dissolução pelo NaOCl (Nakamura *et al.*, 1985; Naeeni *et al.*, 2004; Só *et al.*, 2011; Aubut *et al.*, 2010).

A capacidade de dissolução tecidual produzida pelo NaOCl já é conhecida (Estrela *et al.*, 2002), e diferentes tecidos conjuntivos já foram utilizados para testar esta propriedade, dentre eles, polpas humanas (Trepagnier *et al.*, 1977; Rosenfeld *et al.*, 1978; Sirtes *et al.*, 2005), polpas bovinas (Koskinen *et al.*, 1980; Gordon *et al.*, 1981; Nakamura *et al.*, 1985; Spanó *et al.*, 2001; Santos, 1999; Okino *et al.*, 2004; Siqueira *et al.*, 2005; Camps *et al.*, 2009; Cobankara *et al.*, 2010; Só *et al.*, 2011), polpa de suínos (Clarkson *et al.*, 2006), tecido muscular de bovinos (Stojicic *et al.*, 2010), mucosa palatina de suínos (Naenni *et al.*, 2004; Aubut *et al.*, 2010), tecido muscular de suínos (Christensen *et al.*, 2008), tecido conjuntivo de ratos (Thé, 1979; Abou-Rass & Oglesby, 1981), fígado de coelho (Moorer & Wesselink 1982) e tendões de bovinos (Nakamura *et al.*, 1985). Estes trabalhos utilizaram fragmentos destes tecidos que ficaram imersos em grande volume de NaOCl, e por controle visual ou diferenças de peso, a capacidade de dissolução foi analisada. Muitas vezes, agitação por meio de aparelhos (Spanó *et al.*, 2001; Okino *et al.*, 2004; Siqueira *et al.*, 2005; Christensen *et al.*, 2008; Camps *et al.*, 2009; Cobankara *et al.*, 2010; Stojicic *et al.*, 2010) ou agitação manualmente (Clarkson *et al.*, 2006) são incluídas para permitir que o tecido não fique

estagnado, e ocorra um maior contato da substância química com o tecido conjuntivo e assim aumente a capacidade de dissolução (Moorer & Wesselink, 1982).

Neste trabalho optou-se pela utilização de polpa bovina por ser um tecido semelhante à polpa humana (Orlowski, 1974; Sakamoto *et al.* 1979), de fácil obtenção e já testada por outros autores (Koskinen *et al.*, 1980; Gordon *et al.*, 1981; Nakamura *et al.*, 1985; Spanó *et al.*, 2001; Santos, 1999; Siqueira *et al.*, 2005; Okino *et al.*, 2004; Camps *et al.*, 2009; Cobankara *et al.*, 2010; Só *et al.*, 2011), porém utilizando metodologia diferente. Todos estes trabalhos com polpas bovinas foram realizadas após a remoção da polpa do interior do canal radicular, cortadas em pequenos fragmentos e mantidos em contato com o NaOCl por tempos determinados.

Apenas o trabalho de Rosenberg *et al.* (1978), em estudo “*in vivo*”, é que utilizou polpa humana que foi mantida no interior do canal radicular enquanto houve a aplicação do NaOCl. Eles realizaram a instrumentação dos canais de modo a manter um remanescente pulpar nos 5 mm apicais, irrigaram com 5 ml por 5 minutos e mantiveram o NaOCl em contato com o remanescente pulpar seguido do selamento da cavidade de acesso. Os dentes foram extraídos imediatamente e, a análise do exame histológico mostrou que a dissolução tecidual foi limitada pela dificuldade de acesso e pelo pequeno diâmetro do canal nos 5 mm apicais, sendo observado que a dissolução pulpar variou entre 0,5 e 3,0 mm. Outro trabalho que utilizou polpa humana para verificar a dissolução tecidual do NaOCl foi realizado por Sirtes *et al.*, (2004), porém após exodontia de pré-molares e terceiros molares seguido da remoção das polpas.

Agumas diferenças podem ser apontadas entre esta metodologia e as encontradas na literatura. Ao utilizar fragmentos de polpa ou outro tipo de tecido conjuntivo e deixá-los imersos em recipientes contendo NaOCl, o volume da substância química será muito grande, e com isto mais rápida poderá ocorrer a dissolução tecidual. A inclusão de um meio agitador para que o fragmento fique em constante movimentação também pode contribuir para que a ação do NaOCl

seja aumentada (Spanó *et al.*, 2001; Okino *et al.*, 2004; Siqueira *et al.*, 2005; Clarkson *et al.*, 2006; Christensen *et al.*, 2008; Camps *et al.*, 2009; Cobankara *et al.*, 2010; Stojicic *et al.*, 2010). Neste experimento criou-se uma condição em que o tecido pulpar permanecesse no interior do canal radicular nos 5 mm apicais e fosse utilizado o restante do espaço do canal radicular como receptáculo para armazenar a substância química a ser testada. Mesmo sendo um canal de dente incisivo de bovinos que apresenta diâmetro maior que os dentes humanos, a presença de polpa somente nos 5 mm apicais cria uma condição que pode se assemelhar à dificuldade clínica (Rosemberg *et al.*, 1978). Embora em um canal reto e com secção transversal circular não seja obstáculo à remoção da polpa pela ação dos instrumentos endodônticos, neste trabalho não foi utilizado nenhum tipo de ação mecânica de qualquer tipo de instrumento justamente para permitir a análise exclusivamente da substância química auxiliar.

Outro fator importante a ser observado é o espaço do canal que foi criado pela remoção da polpa para servir de receptáculo para a substância química auxiliar (fragmento coronário). Como visto em outras metodologias, o volume da substância química que fica em contato com o fragmento de tecido conjuntivo para a dissolução tecidual sempre foi muito acentuado. Christensen *et al.* (2008) e Stojicic *et al.* (2010) utilizaram 10ml; Okino *et al.* (2004) e Siqueira *et al.* (2005) 20 ml; Clarkson *et al.* (2006) 25 ml; Abou-Rass & Oglesby (1981) e Naenni *et al.* (2004) 30 ml, e outros utilizaram uma relação de peso/volume (Camps *et al.*, 2009; Cobankara *et al.*, 2010; Aubut *et al.*, 2010). Na maioria das vezes estes volumes não condizem com o que ocorre no interior do canal radicular pois o NaOCl é colocado em recipientes onde o tecido conjuntivo fica totalmente imerso e envolvido pela substância.

Se considerarmos o volume total utilizado neste experimento nos três tempos de contato, de 10, 30 e 60 minutos (Tabela 1), observamos que os volumes foram de 10, 20 e 35 ml respectivamente. Somente quando comparamos este volume total com os dos trabalhos de Christensen *et al.* (2008), Stojicic *et al.* (2010), Okino *et al.* (2004), Siqueira *et al.* (2005), Clarkson *et al.* (2006), Abou-

Rass & Oglesby (1981) e de Naenni *et al.* (2004) é que semelhanças podem ser apontadas. A variação utilizada foi a de realizar renovações da substância química, que foi de 1, 2 e 5 vezes, para os tempos de 10, 30 e 60 minutos de contato respectivamente.

Outro fato interessante foi que o volume de NaOCl que o fragmento coronário permitia acomodar foi calculado. Como houve a regularização das paredes do canal radicular com as brocas de largo # 3 e # 4 para que este espaço fosse similar em todas as amostras, conseguiu-se com isto medidas que foram utilizadas no cálculo do volume.

Se em cada irrigação (renovação) utilizavase 5 ml de NaOCl, isto significa que estes 5 ml equivalem à  $5.000 \text{ mm}^3$ , ou seja o volume na irrigação era muito superior ao que o espaço do canal do fragmento coronário comporta, e que, desta coluna de NaOCl, somente uma pequena área é que fica em contato com o tecido pulpar. Mesmo o cálculo do volume sendo uma medida aproximada em virtude da existência de pequenas variações anatômicas entre as amostras, fica claro que o NaOCl frente ao pouco espaço disponível, pode trazer limitação na sua efetividade, e desta maneira, mais tempo necessitará para exercer sua propriedade de solvência tecidual.

Esta metodologia, embora com limitações, pois utilizou polpa e dentes de bovinos, foi adequada na avaliação da ação de dissolução tecidual do NaOCl, e de uma maneira muito similar ao que pode ocorrer no interior do canal radicular de dentes humanos. Também o fato de se utilizar dentes de bovinos, cujos canais radiculares apresentam diâmetro um pouco maior que o de dentes humanos, poderia haver uma facilidade na ação do NaOCl por permitir maior volume deste, porém, quando eliminou-se parte do dente e manteve somente 15 mm, a anatomia se assemelhou aos dentes humanos.



## 6.2 Em relação aos resultados

Os resultados foram claros em mostrar a capacidade de dissolução do tecido pulpar vital e fresco em dentes bovinos, os quais apresentaram influência direta em função do aumento da concentração do NaOCl e do tempo de contato.

Era esperado que o NaOCl dissolvesse o tecido pulpar, pois seu mecanismo de ação foi mostrado por Estrela *et al.* (2002) e esta propriedade já testada por vários autores (Siqueira *et al.*, 2005; Trepagnier *et al.*, 1977; Rosenfeld *et al.*, 1978, Thé 1979; Abou-Rass & Oglesby, 1981; Moorner & Wesselink, 1982; Nakamura *et al.*, 1985; Santos, 1999; Barbin 1999; Spanó *et al.*, 2001; Zehnder *et al.*, 2002; Naenni *et al.*, 2004; Okino *et al.*, 2004; Sirtes *et al.*, 2005; Siqueira *et al.*, 2005; Clarkson *et al.*, 2006; Christensen *et al.*, 2008; Camps *et al.*, 2009; Cobankara *et al.*, 2010; Stojicic *et al.*, 2010, Aubut *et al.*, 2010; Só *et al.*, 2011), embora com metodologias diferentes. Porém, o que não se sabia era quanto tempo necessitaria para ocorrer a dissolução dentro do canal radicular frente à variação de concentração do NaOCl e tempo de contato. As limitações, como o pequeno espaço do canal radicular e o reduzido volume da substância química que este espaço permite acomodar podem apresentar diferenças no comportamento na dissolução pulpar pelo NaOCl (Rosenfeld *et al.*, 1978) em relação aos encontrados na literatura.

Foi observado que o NaOCl 1% e 2.5% nos tempos de 10 e 30 minutos não apresentou diferenças estatísticas significativas (8,31% e 11,21% e 34,33% e 32,91% respectivamente), ocorrendo somente para o tempo de 60 minutos (64,22% e 95,24% respectivamente) na dissolução pulpar. Era esperado que isto ocorresse, pois à medida que a concentração e o tempo de contato são aumentados, a dissolução pulpar também aumenta (Trepagnier *et al.*, 1977; Thé, 1979; Abou-Rass & Oglesby, 1981; Moorner & Wesselink, 1982; Nakamura *et al.*, 1985; Santos, 1999; Barbin 1999; Spanó *et al.*, 2001; Zehnder *et al.*, 2002; Naenni *et al.*, 2004; Okino *et al.*, 2004; Sirtes *et al.*, 2005; Siqueira *et al.*, 2005; Clarkson *et*



*al.*, 2006; Christensen *et al.*, 2008; Camps *et al.*, 2009; Cobankara *et al.*, 2010; Stojicic *et al.*, 2010, Aubut *et al.*, 2010; Só *et al.*, 2011), mas não se sabia o quanto o NaOCl iria dissolver.

Stojicic *et al.* (2010) ao avaliarem o efeito da concentração de 1%, 2%, 4%, e 5.8% do NaOCl por contato durante 5 minutos, observaram que a dissolução aumentou com o aumento da concentração. Koskinen *et al.* (1980) ao analisarem o NaOCl 2.5% e 5.25% verificaram que dissolução foi alta em 10 minutos e para o NaOCl 0.5% foi muito comprometida. Verificaram que 3 ml da solução era suficiente para dissolver 100 mg de tecido desvitalizado. Gordon *et al.* (1981), ao analisarem o NaOCl 1%, 3% e 5% nos tempos de 2 a 10 minutos, observaram que o NaOCl 1% dissolveu 40% do tecido em 2 minutos, o NaOCl 3% e 5% dissolveram 70% em 2 minutos. Christensen *et al.* (2008) observaram que o NaOCl 5,25% em 30 minutos apresentou perda tecidual de 22,77% e NaOCl 2.6% de 4,12%.

Não foi encontrado justificativa para os resultados do NaOCl 1% e 2.5% nos tempos de 10 e 30 minutos não apresentaram diferenças estatísticas significativas, pois o que se esperava era que, alterando o percentual e tempo de contato, os resultados pudessem ser diferenciados. Inclusive, estas diferenças também não foram estatisticamente significativas em relação ao grupo do soro fisiológico (2,52% e 3,87% respectivamente).

Similarmente, o NaOCl 2.5% com 30 minutos de contato não apresentou diferenças estatísticas significativas em relação ao NaOCl 1%, porém com diferenças estatísticas em relação ao soro fisiológico. Isto pode nos levar à refletir da ênfase em aumentar o percentual do NaOCl para aumentar a efetividade.

Por estes resultados, podemos observar que, se o tempo de contato do NaOCl for de até 30 minutos, pode-se utilizar o percentual de 1% que se obteria o mesmo efeito em relação à dissolução tecidual, com a vantagem de ser uma solução com menor potencial de irritação aos tecidos periapicais. Porém, ao utilizar o percentual de 1% tem-se a possibilidade de, frente a data de fabricação ser muito longa ou desta solução estar estocada em ambiente inadequado, como

à luz ambiente ou em frasco incolor, do percentual de cloro ser inferior ao divulgado. Ao utilizar a concentração de 2.5%, por mais que ocorra a perda de cloro livre, ainda estará em condições de uso e com efetividade em relação à dissolução tecidual.

Estes resultados da ação do NaOCl 1% e 2.5% nos tempos de 10 e 30 minutos podem levar à determinadas interpretações de aplicabilidade clínica. Devido aos hipocloritos apresentarem efeito tóxico para os tecidos periapicais (Pashley *et al.*, 1985) na medida em que se aumenta o percentual de cloro livre, poderia ser selecionado o percentual de 1% como a concentração de escolha para o tratamento endodôntico ao invés de 2.5%. Os efeitos tóxicos do contato do NaOCl nos tecidos periapicais são, na maioria das vezes, de curta duração e Thé *et al.* (1980) analisando o poder de irritação, verificaram que em 14 dias após o contato, os tecidos periapicais apresentavam normalidade, caracterizando a reversibilidade da inflamação provocada pelo NaOCl.

Para o tempo de 60 minutos houve diferença estatística significativa ( $p < 0.05$ ) em relação à 10 e 30 minutos, com percentuais de dissolução pulpar de 64,22% e 95,24% para o NaOCl 1% e 2.5% respectivamente (Tabela 2). Estes resultados vão de encontro ao de Naenni *et al.* (2004) que utilizaram o NaOCl 1% por 120 minutos e observaram que dissolveu tecido da mucosa palatina. Aubut *et al.* (2010) ao utilizarem NaOCl 2.5% por 120 minutos observaram que houve 60% de perda de peso pelo NaOCl e de somente 8% pelo NaOCl neutralizado (pH reduzido).

O NaOCl 5.25% foi o que apresentou o maior poder de dissolução tecidual, com diferenças significativas ( $p < 0.05$ ) em relação aos percentuais de 1% e 2.5% nos tempos de 10 e 30 minutos (60,48% e 83,17% respectivamente). No tempo de 10 minutos, o NaOCl 5.25%, apresentou resultados semelhantes ao tempo de 60 minutos do NaOCl 1%. Resultados similares da ação do NaOCl 5.25% foi encontrado por Rosenfeld *et al.* (1978) ao observarem que a polpa humana com 15 minutos de contato com a solução de NaOCl 5,25%, apresentou dissolução que variou entre 0,3 mm e 3,0 mm de profundidade dos 5 mm de polpa

remanescente. Também Cobancara *et al.* (2010) utilizaram NaOCl 5.25% com renovação a cada 2 minutos por 20 minutos, e observaram que foi efetivo na dissolução tecidual.

Para o tempo de 60 minutos, os percentuais de 2.5% e 5.25% foram os que tiveram os maiores percentuais de dissolução pulpar e, não apresentaram diferenças estatísticas significativas ( $p < 0.05$ ), embora somente o NaOCl 5.25% tenha apresentado 100% de dissolução tecidual. Isto significa que, durante o tratamento endodôntico, poderia ser utilizado o NaOCl 2.5% que é menos tóxico para os tecidos periapicais ao invés do 5.25% com relação à propriedade de dissolução tecidual sem perda de efetividade. Porém, dificilmente este seja um tempo compatível com a fase de preparo do canal radicular ou que se deixe o NaOCl em contato com os tecidos pulpares remanescentes durante todo este tempo. Nakamura *et al.* (1985) ao utilizar NaOCl 10% observaram que foi mais efetivo, e que 2.5% e 5% tem efeitos semelhantes. Sirtes *et al.* (2005) analisando NaOCl 1%, 2.62% e 5.25% em 60 minutos encontraram que NaOCl 1% aquecido à 45°C foi igual ao NaOCl 5.25% à 20°C, e a 60°C o NaOCl 1% foi mais efetivo. Abou-Rass & Oglebsky (1981) encontraram que NaOCl 5.25% foi mais efetivo que 2.6% na mesma temperatura e que o tecido fixado demorou mais para dissolver.

O aumento do tempo de contato da solução de NaOCl em promover maior dissolução tecidual pode ser explicado pelas constatações de Santos (1999), Barbin (1999) e Spanó *et al.* (2001). Relatam que este processo consome íons hidroxila o que assinala a ocorrência da reação de saponificação de gorduras; há a redução da quantidade de íons após a dissolução, o que indica a formação de compostos moleculares como as cloraminas; ocorre redução da tensão superficial após a dissolução, o que demonstra a ocorrência de reação de saponificação entre o NaOCl e o tecido pulpar; e a quantidade de cloro livre diminui após a dissolução, o que assinala a participação e/ou liberação do cloro livre durante a reação de dissolução pulpar. Também Spanó *et al.* (2001) verificaram que as concentrações mais altas do NaOCl apresentaram menor consumo de cloro para que ocorresse a dissolução tecidual. Na presença de

matéria orgânica, a efetividade do ácido hipocloroso diminui devido a grande reatividade que o leva a combinar-se com ela.

O volume do NaOCl que o fragmento coronário permitia acomodar era sempre limitado ao espaço do canal radicular nos 10 mm. Embora este volume fosse muito pequeno ( $9,4985 \text{ mm}^3$  ou 0,01 ml) a quantidade de NaOCl que ficava em contato com o tecido pulpar era menor e limitado ao diâmetro do canal radicular. À medida em que o tempo de contato era aumentado, e em virtude das irrigações e da renovação do NaOCl, o tecido pulpar dissolvido era removido pelo fluxo da irrigação.

Um fato observado foi que, no grupo do soro fisiológico, em todos os tempos analisados também houve uma área que apresentou perda tecidual de 2,52%, 3,87% e 3,21% respectivamente para 10, 30 e 60 minutos, a qual foi calculada tomando-se como referência a parte mais coronária do dente. Soro fisiológico não apresenta ação de dissolução pulpar (Naenni *et al.*, 2004; Siqueira *et al.*, 2005; Christensen *et al.*, 2008), e estes resultados podem ter sido consequência da retração do tecido pulpar quando do descongelamento e corte do dente. Isto pode ser verdadeiro porque esta perda tecidual foi similar em todos os tempos analisados.

Se isto ocorreu com o grupo do soro fisiológico, deve ter ocorrido com as outras amostras dos outros grupos, pois foi adotado o mesmo padrão de preparo das amostras e de leitura de resultados. Estes valores encontrados no grupo do soro fisiológico não comprometem este trabalho nem a sua interpretação dos resultados dos outros grupos. Se for considerado que no grupo do soro fisiológico não haveria perda tecidual e estes valores fossem considerados zero, teria que descontar estes valores dos outros grupos. Assim seria observado que os resultados dos outros grupos teriam valores de dissolução pulpar inferiores ao que encontra-se na tabela 2, o que não mudaria a interpretação dos resultados.

Embora este trabalho tenha sido realizado em dentes de bovinos, pode-se fazer uma correlação destes resultados com o que ocorre clinicamente. Em todo tratamento endodôntico é objetivado a limpeza dos remanescentes pulpares,

vivo ou necrosado, e para isto existe uma interação entre os instrumentos e as substâncias químicas auxiliares. Mas, por melhor que seja a técnica de instrumentação, as curvaturas e a anatomia com os achatamentos no sentido méso-distal, serão as dificuldades encontradas pelos instrumentos em tocarem todas as paredes. Como mostrado por vários autores (Arruda *et al.*, 2003; Barato-Filho *et al.*, 2004; Ferreira *et al.*, 2008; Bruzadelli, 2006; De Deus *et al.*, 2009), mesmo com o uso do NaOCl 5.25%, ainda tem permanecido tecido pulpar nas regiões onde o instrumento não toca. Assim verifica-se que, a ação do NaOCl dentro do canal radicular é limitada pelas condições anatômicas e curvaturas, e a limpeza é mais delegada à ação dos instrumentos endodônticos que do NaOCl. O conceito de que a substância química é o auxiliar da instrumentação deve ser revisto, pois o que tem sido observado é que a instrumentação tem sido o auxiliar da substância química.

O trabalho de Evans *et al.* (2001) mostra resultado interessante a respeito da limitação do NaOCl. Observaram que, após preparo químico mecânico, em canais de secção transversal circular, qualquer substância química auxiliar (soro fisiológico ou NaOCl 3%) foi adequada na eliminação do tecido pulpar, pois os instrumentos foram os responsáveis por esta limpeza. Já nos canais curvos e achatados, houve similaridade de resultados, ou seja, onde os instrumentos endodônticos não atuaram, soro fisiológico ou NaOCl 3% foram insuficientes em eliminar todo tecido orgânico.

Frente à estas dificuldades, tem sido sugerido associar outros recursos durante o tratamento endodôntico para suprir as limitações que, tanto o NaOCl quanto às variações anatômica tem colocado. Ativação ultra-sônica (Cheung & Stock, 1993; Yang *et al.*, 1996; Burleson *et al.*, 2007; Ferreira *et al.*, 2008) e medicação intra-canal com  $\text{Ca(OH)}_2$  (Türkün & Cengiz, 1997) são os recursos mais difundidos, e dentre eles, o ultrassom tem apresentado os melhores resultados (Burleson *et al.*, 2007; Ferreira *et al.*, 2008).

Embora este trabalho tenha avaliado exclusivamente a ação química do NaOCl na dissolução tecidual da polpa de bovinos, tem-se a vantagem de ter sido

realizado no interior do canal radicular e ter sido reproduzido as limitações do pouco espaço para a substância química auxiliar. Também confirma a efetividade do NaOCl em relação à dissolução pulpar, porém, a importância da interação da concentração com o tempo de contato passam a ser críticos.

## 7 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e sob as condições experimentais utilizada, é lícito concluir que:

a) A metodologia empregada mostrou-se adequada em analisar a capacidade de dissolução tecidual pelo hipoclorito de sódio.

b) As soluções de hipoclorito de sódio aumentaram o poder de dissolução pulpar à medida em que aumentou-se a concentração e tempo de contato, e somente o NaOCl 5.25% foi capaz de dissolver 100% do tecido pulpar em 60 minutos.

## REFERÊNCIAS\*

1. Abou-Rass M, Oglesby SW. The effects of temperature, concentration, and tissue type on the solvent ability of sodium hypochlorite. J Endod. 1981; 7(8): 376-7.
2. Ametrano G, D'Antò V, Di Caprio MP, Simeone M, Rengo S, Spagnuolo G. Effects of sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid on rotary nickel-titanium instruments evaluated using atomic force microscopy. Int Endod J. 2011; 44(3): 203-209.
3. Arruda MP, Souza YTCS, Cruz-Filho AM, Souza-Filho FJ, Sousa-Neto MD. Análise histológica da capacidade de limpeza promovida pela instrumentação rotatória com limas de níquel-titânio, em canais radiculares com achatamento méso-distal, utilizando diferentes soluções químicas auxiliares do preparo bio-mecânico. JBE. 2003; 4(13): 141-47.
4. Aubut V, Pommel L, Verhille B, Orsière T, Garcia S, About I et al. Biological properties of a neutralized 2,5% sodium hypochlorite solution. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 2010; 109: e120-e125.
5. Barato-Filho F, Carvalho JR, Fariniuk LF, Souza-Neto M, Pécora JD, Cruz-Filho AM. Morphometric analysis of the effectiveness of different concentrations of sodium hypochlorite associated with rotary instrumentation for root canal cleaning. Braz Dent J. 2004; 15(1): 36-40.
6. Barbin EL. Estudo "*in vitro*" do efeito da adição de lauril dietilenoglicol éter sulfato de sódio nas soluções de hipoclorito de sódio sobre suas Propriedades físico-químicas anteriores e posteriores à dissolução do tecido pulpar bovino [Dissertação]. Ribeirão Preto: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo; 1999.
7. Barbizam JV, Fariniuk LF, Marchesan MA, Pecora JD, Sousa-Neto MD. Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. J Endod. 2002; 28(5): 365-6.
8. Barbosa FOG, Gomes JACP, Araújo MCP. Influence of sodium hypochlorite on mechanical properties of K3 nickel-titanium rotary instruments. J Endod. 2007; 33: 982-985.
9. Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. J Endod. 1992; 18(12): 605-12.

---

\* De acordo com a norma UNICAMP/FOP, baseadas na norma do International Committee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.



10. Becker G, Cohen S, Borer R. The sequelae of accidentally injecting NaOCl beyond the root apex. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1974; 38(4): 633-8.
11. Becking AG. Complications in the use of sodium hypochlorite. Case report. *Int Endodon J* 1991; 24: 119-25.
12. Berber VB, Gomes BPFA, Sena NT, Vianna ME, Ferraz CCR, Zaia AA, Souza-Filho FJ. Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing *Enterococcus faecalis* within root canals and dentinal tubules. *Int Endod J.* 2006; 39: 10–17.
13. Borin G, Becker AN, Oliveira EPM. A história do hipoclorito de sódio e a sua importância como substância química auxiliar no preparo químico mecânico de canais radiculares. *Rev Endod Pesq Ens onLine.* 2007; 3(5): 1-5. [acesso 2012 jan 10]. Disponível em <http://www.ufsm.br/endodontiaonline>.
14. Bruzadelli RR. Avaliação da efetividade do hipoclorito de sódio 5,25% e clorexidina gel 2% na remoção de pré-dentina em áreas não instrumentadas de canais radiculares de incisivos inferiores – Estudo *in vitro* [tese]. Piracicaba: UNICAMP/FOP; 2006.
15. Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The *in vivo* evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod.* 2007; 33(70): 782-787.
16. Busslinger, Sener and Barbakow. Effects of sodium hypochlorite on nickel-titanium Lightspeed® instruments. *Int Endod J*, 1988; 31: 290-294.
17. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1983; 55: 307-12.
18. Çaliskan MK, Türkün M, Alper S. Allergy to sodium hypochlorite during root canal therapy: a case report. *Int Endod J.* 1994; 27: 163-167.
19. Camargo SEA, Blanco TM, Lima RY, Rode SM, Camargo CHR. Avaliação do pH das soluções de hipoclorito de sódio 1% e 2,5% e digluconato de clorexidina 2% em função do tempo. *Rev Odonto.* 2008; 16(31): 85-91.
20. Camps J, Pommel L, Aubut V, Verhile B, Satoshi F, Lascola B, About I. Shelf life, dissolving action, and antibacterial activity of a neutralized 2,5% sodium hypochlorite solution. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 2009; 108: e66-e73.
21. Cardoso CL, Redmerski R, Bittencourt NLR, Kota CR. Effectiveness of different chemical agents in rapid decontamination of gutta-percha cones. *Braz J of Microbiology.* 2000; 31: 72-75.
22. Cavalleri G, Cantatore G, Costa A, Grillenzoni M, Chiaramonti LC, Gerosa R. The corrosive effects of sodium hypochlorite on nickel-titanium

- endodontic instruments: assessment by digital scanning microscope. *Minerva Stomatologica*, 2009; 58(5): 225-231.
23. Cheung GS, Stock CJ. *In vitro* cleaning ability of root canal irrigants with and without endodontics. *Int Endod J*. 1993; 26(6): 334-43.
  24. Christensen CE, McNeal SF, Eleazer P. Effect of lowering the pH of sodium hypochlorite on dissolving tissue *in vitro*. *J Endod*. 2008; 34(4): 449-52.
  25. Clarkson RM, Molue AJ, Podlich H, Kellaway R, Macfarlane R, Lewis D, Rowel J. Dissolution of porcine incisor pulp in sodium hypochlorite solutions of varying compositions and concentrations. *Aust Dent J*. 2006; 51(3): 245-251.
  26. Cobankara FK, Buyukozer O, Terlemez A. Comparison of organic tissue dissolution capacities of sodium hypochlorite and chlorine dioxide. *J Endod*. 2010; 36(2): 272-274.
  27. Dakin HD. In the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. *Br Med J*. 1915; 2: 318-20.a
  28. Dandakis C, Lambrianidis T, Boura P. Immunologic evaluation of dental patient with history of hypersensitivity reaction to sodium hypochlorite. *Endod Dent Traumatol* 2000; 16: 184–187.
  29. De-Deus G, Garcia-Filho P. Influence of the NiTi rotary system on the debridement quality of the root canal space. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009; 108: e71-e76.
  30. Ehrich DG, Brian Jr, Walker WA. Sodium hypochlorite accident: inadvertent injection into the maxillary sinus. *J Endod*. 1993; 19(4): 180-82.
  31. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JC, Marchesan MA, Pecora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J*. 2002; 13(2): 113-7.
  32. Estrela C, Ribeiro RG, Estrela CRA, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Antimicrobial effect of 2% sodium hypochlorite and 2% chlorhexidine tested by different methods. *Braz Dent J*. 2003; 14(1): 58-62.
  33. Estrela C, Silva JA, Alencar AHG, Leles CR, Decurcio, DA. Efficacy of sodium hypochlorite and Chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* – A systematic review. *J Appl Oral Sci*. 2008; 16(6): 364-8.
  34. Evans GE, Speight PM, Gulabivala K. The influence of preparation technique and sodium hypochlorite on removal of pulp and predentine from root canals os posterior teeth. *Int Endod J*. 2001; 34(4): 322-30.
  35. Ferreira RB, Marchesan MA, Silva-Souza YT, Souza-Neto M. Effectiveness of root canal debris removal using passive ultrasound irrigation with chlohexidine digluconate or sodium hypochlorite individually or in combination as irrigants. *The Journal Cont Dent Pract*. 2008; 9(5): 1-7.

36. Fraiss S, Ng Y-L, Gulabivala K. Some factors affecting the concentration on available chlorine in commercial sources of sodium hypochlorite. *Int Endod J*. 2001; 34: 206-15.
37. Gallegos AG, Bertolotti RL. Effect of sodium hypochlorite on the strength of carbon steel endodontic instruments. *J Endod*. 1981; 7(9): 423-425.
38. Gambarini G, De Luca M, Generosa R. Chemical stability of heated sodium hypochlorite endodontic irrigants. *J Endod*. 1998; 24(6): 432-4.
39. Gatot A, Arbelle J, Leiberman A, Yanai-Inbar L. Effects of NaOCl on soft tissues after its inadvertent injection beyond the root apex. Case report. *J Endod*. 1991; 17(11): 573-4.
40. Gélinas P, Goulet J. Heat and light stability of eight sanitizers. *J Food Prot*. 1982; 45(13): 1195-6.
41. Genaro AR. Remington's pharmaceutical sciences. 18th ed. Easton: Mack Publishing Company; 1990.
42. Gomes BPFA, Ferraz CCR, Carvalho KC, Teixeira FB, Zaia AU, Souza-Filho FJ. Descontaminação química de cones de guta-percha por diferentes concentrações de NaOCl. *Rev Assoc Paul Cir Dent*. 2001; 55(1): 27-31.
43. Gordon TM, Damato D, Christner P. Solvent effect of various dilutions of sodium hypochlorite on vital and necrotic tissue. *J Endod*. 1981; 7(10): 466-9.
44. Hand RE, Smith M, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endod*. 1978; 4(2): 60-4.
45. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation – literature review and case reports. *Int Endod J*. 2000; 33: 186–193.
46. Ishizuka T, Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Iwasaki N, Takahashi H et al. Effect of NaOCl treatment on bonding to root canal dentin using a new evaluation method. *Dent Mater J* 2001; 20: 24–33.
47. Kaufman AY, Keila S. Hypersensitivity to sodium hypochlorite. Case report. *J Endodon*. 1989; 15(5): 224-6.
48. Kleier DJ, Averbach RE, Mehdipour O. The sodium hypochlorite accident: experience of diplomates of the American board of endodontics. *J Endod* 2008; 34: 1346-1350.
49. Koskinen KP, Stenvall H, Uitto VJ. Dissolution of bovine pulp tissue by endodontic solutions. *Scand J Dent Res*. 1980; 88(5): 406-11.
50. Marchesan MA, Arruda MP, Silva Souza YTC, Saquy PC, Pécora JD, Sousa Neto MD. Morphometrical analysis of cleaning capacity using nickel-

- titanium rotatory instrumentation associated with irrigating solutions in mesio-distal flattened root canals. *J Appl Oral Science*. 2003; 11(1): 55-9.
51. Marending M, Luder HU, Brunner TJ, Knecht S, Stark WJ, Zehnder M. Effects of sodium hypochlorite on human root dentine-mechanical, chemical and structural evaluation. *Int Endod J*. 2007; 40: 786–93.
  52. McComb D, Smith DC, Beagrie GS. The results of an "*in vivo*" endodontic chemomechanical instrumentation - a scanning electron microscopic study. *J Br Endod Soc*. 1976; 9(1): 11-8.
  53. Mehdipour O, Kleier DJ, Averbach RE. Anatomy of sodium hypochlorite accidents. *Compendium*. 2007; 28(10): 544-550.
  54. Meiers JC, Shook LW. Effect of disinfectants on the bond strength of composite to dentin. *Am J Dent*. 1996; 9: 11–4.
  55. Melo TAF, Oliveira EPM. Sinusite maxilar por injeção acidental de hipoclorito de sódio. *Stomatos*. 2005; 11(21): 27-32.
  56. Moodnik RM, Dorn SO, Feldman MJ, Levey M, Borden BG. Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *J Endod*. 1976; 2(9): 261-266.
  57. Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J*. 1982; 15(4): 187-96.
  58. Moreira DM, Almeida JFA, Ferraz CCR, Gomes BPFA, Line SRP, Zaia AU. Structural analysis of bovine root dentin after use of different endodontics auxiliary chemical substances. *J Endod*. 2009; 35: 1023–1027.
  59. Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguets S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-Prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod* 2001; 27: 753-7.
  60. Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod*. 2004; 30(11): 785-7.
  61. Nakamura H, Asai K, Fujita H, Nakazato H, Nishimura Y, Furuse Y et al. The solvent action of sodium hypochlorite on bovine tendon collagen, bovine pulp, and bovine gingiva. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1985; 60(3): 322-6.
  62. Nicoletti MA, Magalhães JF. Estudo de estabilidade de soluções comerciais contendo hipoclorito de sódio (água sanitária). *Rev Farm Bioquím Univ São Paulo*. 1995; 31(1): 53-60.
  63. Nóvoa XR, Martin-Biedma B, Varela-Patiño P, Collazo A, Macías-Luaces A, Cantatore G, Pérez MC, Magán-Muñoz F. The corrosion of nickel-titanium rotary endodontic instruments in sodium hypochlorite. *Int Endod J*. 2007; 40(1): 36-44.

64. Okino LA, Siqueira EL, Santos M, Bombana AC, Figueiredo JA. Dissolution of pulp tissue by aqueous solution of chlorhexidine digluconate and chlorhexidine digluconate gel. *Int Endod J*. 2004; 37(1): 38-41.
65. Orlowski WA. Analysis of collagen, glycoproteins and acid mucopolysaccharides in the bovine and porcine dental pulp. *Arch Oral Biol*. 1974; 19: 225-258.
66. Oyarzun A, Cordero A, Whittle M. Immunohistochemical evaluation of the effects of sodium hypochlorite on dentin collagen and glycosaminoglycans. *J Endod*. 2002; 28: 152-6.
67. Paiva JG, Antoniazzi JH. *Endodontia: bases para a prática clínica*. 2. ed. São Paulo: Artes Médicas; 1993.
68. Parris J, Wilcox L, Walton R. Effectiveness of apical clearing: histological and radiographical evaluation. *J Endod*. 1994; 20(5): 219-24.
69. Pashley EL, Birdsong NL, Bowman K, Pashley DH. Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. *J Endod*. 1985; 11(12): 525- 8.
70. Pécora JD, Estrela C. Hipoclorito de sódio. In: Estrela C, organizador, 1 ed. Artes médicas; 2004. v. 1. p. 415-455.
71. Pécora JD, Guerisoli DMZ, Silva RG, Vansan LP. Shelf-life of 5.0% sodium hypochlorite solutions. *Braz Endod J*. 1997; 2(1): 43-5.
72. Pécora JD, Murgel CA, Savioli RN, Costa WF, Vansan LP. Estudo sobre o "shelf-life" da solução de Dakin. *Rev Odontol Univ São Paulo*. 1987; 1(1): 3-7.
73. Pécora JD, Murgel CAF, Guimarães LFL, Costa WF. Verificação do teor de cloro ativo de diferentes marcas de líquido de Dakin encontrados no mercado *Rev Odontol Univ São Paulo*. 1988; 2(1): 10-3.
74. Pelka M, Petschelt A. Permanent mimic musculature and nerve damage caused by sodium hypochlorite: a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008; 106: e80-e83.
75. Peters OA, Roehlike JO, Michael A, Baumann MA. Effect of immersion in sodium hypochlorite on torque and fatigue resistance of nickel-titanium instruments. *J Endod*. 2007; 33: 589-593.
76. Piskin B, Türkün M. Stability of various sodium hypochlorite solutions. *J Endod*. 1995; 21(5): 253-5.
77. Prista LN, Alves AC, Morgado R. *Tecnologia farmacêutica*. 4a ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1996, v.3.
78. Rosenfeld EF, James AG, Bruch BS. Vital pulp tissue response to sodium hypochlorite. *J Endod*. 1978; 4: 140-146.

79. Sabala CL, Powell SE. Sodium hypochlorite injection into periapical tissues: Case report. J Endod. 1989; 15(10): 490-2.
80. Sakamoto N, Okamoto H, Okuda K. Qualitative and quantitative analysis of bovine, rabbit and human pulp glycosaminoglycans. J Dent Res. 1979; 58: 646-655.
81. Santos JN, Carrilho MR, de Goes MF, Zaia AU, Gomes BPFA, Souza-Filho FJ et al. Effect of chemical irrigants on the bond strength of a self-etching adhesive to pulp chamber dentin. J Endod. 2006; 32: 1088-90.
82. Santos TC. Estudo "*in vitro*" do efeito do aumento da temperatura das soluções de hipoclorito de sódio sobre suas propriedades físico químicas anteriores e posteriores à dissolução tecidual [dissertação] - Ribeirão Preto: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo; 1999
83. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am. 1974; 18: 269-96.
84. Sena NT, Gomes BPFA, Vianna ME, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CCR, Souza-Filho FJ. *In vitro* antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against selected single-species biofilms. Int Endod J. 2006; 39: 878-85.
85. Senia ES, Marshall FJ, Rosen S. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1971; 31(1): 96-103.
86. Siqueira EL, Nicoletti MA, Bombana AC, Santos M. Influência do pH sobre a estabilidade química da solução de hipoclorito de sódio a 0.5%. Rev Pós Grad. 2002; 9(3): 207-11.
87. Siqueira EL, Santos M, Bombana AC. Dissolução de tecido pulpar bovino por duas substâncias químicas do preparo do canal radicular. Rev Pós Grad. 2005; 12(3): 316-22.
88. Siqueira Jr FJ, Batista MMD, Fraga RC, Uzeda M. Antimicrobial effects of endodontic irrigants on black-pigmented Gram-negative anaerobes and facultative bacteria. J Endodon. 1998; 24: 414-6.
89. Siqueira Jr JF, Machado AGM, Silveira RM, Lopes HP, Uzeda M. Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, *in vitro*. Int Endod J. 1997; 30: 279-282.
90. Siqueira Jr JF, Uzeda M. Intracanal mediations evaluation of the antibacterial effects of chlorhexidine, metronidazole, and calcium hydroxide associated with three vehicles. J Endod. 1997; 23(3): 167-9.

91. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod.* 2005; 31(9): 669-671.
92. Só MVR, Vier-Pelisser FV, Darcie MS, Smaniotto DGR, Montagner F, Kuga MC. Pulp tissue dissolution when the use of sodium hypochlorite and EDTA alone or associated. *Rev Odonto Cienc.* 2011; 26(2): 156-160.
93. Soares JA, Pires Júnior DR. Influence of sodium hypochlorite-based irrigants on the susceptibility of intracanal microbiota to biomechanical preparation. *Braz Dent J.* 2006; 17(4): 310-316.
94. Souza RE, Souza EA, Souza-Neto MD, Pietro RCLR. *In vitro* evaluation of different chemical agents for the decontamination of gutta-percha cones. *Pesq Odontol Bras.* 2003; 17(1): 75-78.
95. Spanó JC, Barbin EL, Santos TC, Guimarães LF, Pécora JD. Solvent action of sodium hypochlorite on bovine pulp and physico-chemical properties of resulting liquid. *Braz Dent J.* 2001; 12(3): 154-7.
96. Spratt DA, Pratten J, Wilson M, Gulabivala K. An *in vitro* evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J.* 2001; 34: 300-307.
97. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod.* 2010; 36(9): 1558-62.
98. Tatsuta CT, Morgan LA, Baumgartner JC, Adey JD. Effect of calcium hydroxide and four irrigation regimens on instrumented and uninstrumented canal wall topography. *J Endod.* 1999; 25(2): 93-8.
99. Thé SD, Maltha JC, Plasschaert AJ. Reactions of guinea pig subcutaneous connective tissue following exposure to sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1980; 49(2): 460-6.
100. Thé SD. The solvent action of sodium hypochlorite on fixed and unfixed necrotic tissue. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1979; 47(6): 558-61.
101. Trepagnier CM, Madden RM, Lazzari EP. Quantitative study of sodium hypochlorite as an *in vitro* endodontic irrigant. *J Endod.* 1977; 3(5): 194-6.
102. Tucker DM, Wenckus CS, Bentkover SK. Canal wall planning by engine-driven nickel-titanium instruments, compared with stainless-steel hand instrumentation. *J Endod.* 1997; 23 (3): 170-3.
103. Türkün M, Cengiz T. The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. *Int Endod J.* 1997; 30(5): 335-42.
104. Vianna ME, Gomes BPFA, Berber VB, Zaia AU, Ferraz CCR, Souza-Filho FJ. *In vitro* evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and

- sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2004; 97: 79-84.
105. Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod*. 2002; 28(12): 837-839.
  106. Walton R. Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp space. *J Endod* 1976; 2(10): 304-311.
  107. Witton R, Henthorn K, Ethunandan M, Harmer S, Brennan PA. Neurological complications following extrusion of sodium hypochlorite solution during root canal treatment. *Int Endod J*. 2005; 38: 843–848.
  108. Yang SF, Rivera EM, Walton RE. Canal debridement: Effectiveness of sodium hypochlorite and calcium hydroxide as medicaments. *J Endod*. 1996; 22(10): 521-525.
  109. Zehnder M, Kosicki D, Luder H, Sener B, Waltimo T. Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 2002; 94(6): 756-62.
  110. Zuolo ML, Walton RE, Imura N. Histologic evaluation of three endodontic instrument/preparation techniques. *Endod Dent Traumatol*. 1992; 8(3): 125-9.



## ANEXOS

Tabela 3 - Dados relativos á área total do canal radicular ocupada pela polpa, a área dissolvida pelo NaOCl e o percentual de dissolução

Grupo	Tempo (minutos)	Área (mm <sup>2</sup> )	Amostra									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10	Total	184,80	195,01	225,60	185,70	332,67	190,07	220,80	329,72	189,70	218,70
		Dissolução	31,04	15,09	14,32	31,08	15,03	14,05	13,45	14,07	13,50	12,70
		% dissolução	16,79	7,73	6,34	17,12	4,51	7,39	6,09	4,26	7,11	5,80
	30	Total	111,37	204,35	152,72	110,45	199,78	150,45	115,28	195,12	155,78	117,75
		Dissolução	17,44	149,38	29,65	18,47	141,45	35,10	19,81	135,71	33,25	19,12
		% dissolução	15,65	73,10	19,41	16,72	70,80	23,33	17,18	69,55	21,34	16,23
	60	Total	161,79	139,95	133,38	165,18	141,12	130,69	159,71	145,92	135,34	162,46
		Dissolução	151,33	59,99	66,18	150,39	60,75	65,45	148,45	64,15	60,48	150,51
		% dissolução	93,52	42,86	47,48	91,04	43,08	50,08	92,94	43,96	44,68	92,64
	10	Total	140,42	142,31	110,80	291,57	143,48	115,75	280,47	140,15	135,46	275,90
		Dissolução	11,51	12,91	3,32	32,20	33,97	5,12	33,10	30,79	10,49	31,12
		% dissolução	8,19	9,07	2,99	11,08	23,67	4,42	11,80	21,96	7,74	11,27
2	30	Total	121,50	100,10	102,87	128,37	100,66	120,48	101,45	105,78	125,75	103,29
		Dissolução	31,93	6,60	14,10	30,69	96,40	32,48	6,50	13,50	31,49	94,81
		% dissolução	26,27	6,59	13,70	23,90	95,76	26,95	6,40	12,76	25,04	91,79
	60	Total	193,28	135,68	112,03	88,67	195,57	190,18	142,08	115,98	95,12	185,75
		Dissolução	166,52	135,68	107,28	88,67	190,77	163,41	142,08	104,24	95,12	180,49
		% dissolução	86,15	100	95,76	100	97,54	85,92	100	89,87	100	97,16

continua

Tabela 3 - Dados relativos á área total do canal radicular ocupada pela polpa, a área dissolvida pelo NaOCl e o percentual de dissolução

		Total	105,49	150,17	144,99	111,11	102,28	155,71	145,92	109,90	110,47	147,43
	10	Dissolução	71,83	102,45	86,53	45,17	73,62	100,12	85,87	46,92	69,28	99,91
		% dissolução	68,09	68,22	59,67	40,65	71,97	64,29	58,84	42,69	62,71	67,76
		Total	75,10	103,10	72,70	202,11	130,12	110,41	210,21	135,77	197,21	115,12
3	30	Dissolução	38,42	103,10	37,55	156,63	130,12	110,41	160,43	135,77	148,27	115,12
		% dissolução	51,15	100	51,65	77,49	100	100	76,31	100	75,18	100
		Total	181,34	222,66	195,12	202,48	195,45	210,78	186,16	225,95	192,25	207,47
	60	Dissolução	181,34	222,66	195,12	202,48	195,45	210,78	186,16	225,95	192,25	207,47
		% dissolução	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Total	220,49	210,91	226,65	202,30	230,45	205,12	199,78	195,46	212,51	214,79
	10	Dissolução	3,92	4,05	19,22	4,11	4,52	3,48	4,12	3,92	3,78	3,41
		% dissolução	1,77	1,92	8,48	2,03	1,96	1,69	2,06	2,00	1,77	1,58
		Total	104,25	89,55	128,42	110,41	91,45	125,31	105,19	88,71	130,42	106,71
4	30	Dissolução	4,74	1,01	8,26	4,92	1,52	7,54	4,81	2,07	5,12	3,98
		% dissolução	4,54	1,12	6,43	4,45	1,66	6,01	4,57	2,33	3,92	3,72
		Total	197,27	186,89	156,23	189,12	188,49	159,71	185,78	180,91	158,59	191,97
	60	Dissolução	9,53	1,87	6,28	10,45	3,19	5,25	7,14	2,17	5,45	6,48
		% dissolução	4,83	1,00	4,01	5,52	1,69	3,28	3,84	1,19	3,43	3,37
											conclusão	

Tabela 4 – Estatística das medidas descritivas da interrelação do NaOCl com o tempo de contato

Substância química	Tempo (min)	Médias (%)	n	DP
NaOCl 1%	10	8,31	10	4,69
	30	34,33	10	25,53
	60	64,23	10	24,46
NaOCl 2.5%	10	11,22	10	6,75
	30	32,92	10	33,02
	60	95,24	10	5,76
NaOCl 5.25%	10	60,49	10	10,73
	30	83,18	10	19,94
	60	100,00	10	0,00
Soro fisiológico	10	2,53	10	2,10
	30	3,88	10	1,74
	60	3,22	10	1,50
TOTAL		41,63	120	39,04

Tabela 5 – Estatística da comparação entre as substâncias químicas utilizadas

Substância química	n	Soma de Postos	Médias
Soro fisiológico	30	518	3,21
NaOCl 1%	30	1825	35,62
NaOCl 2.5%	30	2068	46,46
NaOCl 5.25%	30	2849	81,22

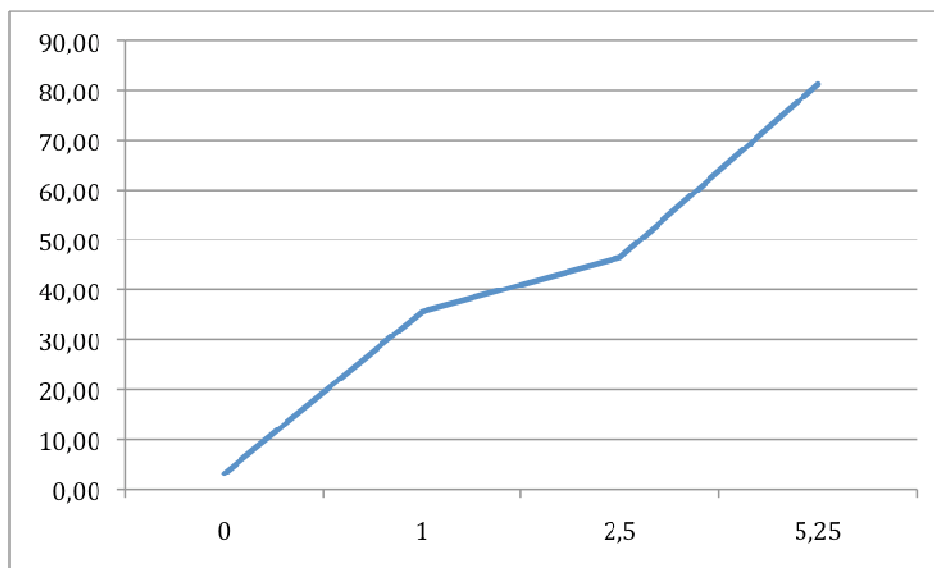


Gráfico 1 – Representação da concentração sobre a dissolução pulpar. Estatística H de Kruskal-Wallis = 77,87 (p-valor < 0,000001)

Tabela 6 – Estatística entre as substâncias químicas

Substância química	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
Soro fisiológico	-6,77	3,21	13,18
NaOCl 1%	25,65	35,62	45,60
NaOCl 2.5%	36,48	46,46	56,43
NaOCl 5.25%	71,25	81,22	91,20

Segundo o teste dms, existem diferenças entre as concentrações: a) soro fisiológico e NaOCl 1%; b) Soro fisiológico e NaOCl 2.5%; c) Soro fisiológico e NaOCl 5.25%; d) NaOCl 1% e 5.25%; e) NaOCl 2.5% e 5.25%. Ou seja, não existe diferença significativa apenas entre o NaOCl 1% e 2.5%.

Tabela 7 – Estatística das comparações entre os tempos de contato

Tempo (min)	n	Soma dos Postos	Médias
10	40	1715,5	20,64
30	40	2444,5	38,58
60	40	3100	65,67

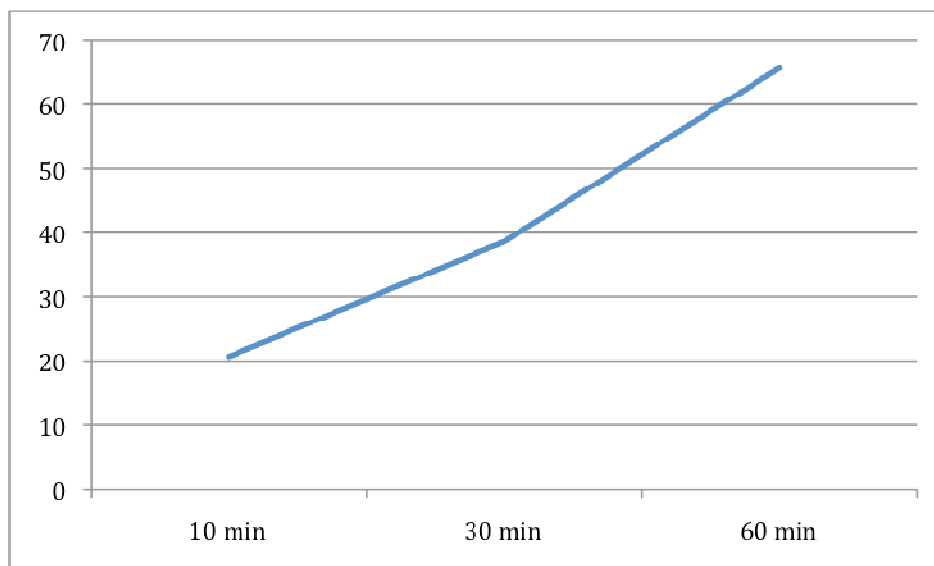


Gráfico 2 – Representação do tempo de contato sobre a dissolução pulpar.  
Estatística H de Kruskal-Wallis = 19,9 (p-valor = 0,0000477)

Tabela 8 – Estatística da comparações entre os tempos de contato

Fatores	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
10	9,80	20,64	31,48
30	27,73	38,58	49,42
60	54,83	65,67	76,51

Existem diferenças entre os tempos de contato: a) 10 e 60 min; b) 30 e 60 min; Ou seja, não existe diferença significativa apenas entre os tempos 10 e 30 min.

Tabela 9 – Estatística das comparações entre concentração do NaOCl e tempo de contato.

Combinação	Substância química	Tempo	Limite Inferior	Efeito	Limite Superior
1	NaOCl 1%	10	-1,54	8,31	18,16
2	NaOCl 1%	30	24,48	34,33	44,18
3	NaOCl 1%	60	54,38	64,23	74,08
4	NaOCl 2.5%	10	1,37	11,22	21,07
5	NaOCl 2.5%	30	23,07	32,92	42,77
6	NaOCl 2.5%	60	85,39	95,24	105,09
7	NaOCl 5.25%	10	50,64	60,49	70,34
8	NaOCl 5.25%	30	73,33	83,18	93,03
9	NaOCl 5.25%	60	90,15	100,00	109,85
10	soro fisiológico	10	-7,32	2,53	12,38
11	soro fisiológico	30	-5,98	3,88	13,73
12	soro fisiológico	60	-6,63	3,22	13,07

Observando o resultado do teste dms das diferenças entre as combinações, foram significativas (sem considerar soro fisiológico), as seguintes combinações que constam na tabela 10:

Tabela 10 – Combinações de NaOCl e tempo de contato

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	1	1	2	1	1	1	1	1
3	3	2	3	3	2	2	2	2
5	4	4	5	4	3	4	4	3
6	6	5	6	6	4	5	5	4
7	7	6	7	7	5	6	7	5
8	8	9	8	8	7	8	9	7
9	9		9	9		9		8

Na linha horizontal observa-se os números referentes às substâncias testadas que estão identificadas na tabela 9. Na linha vertical da tabela 10 observa-se as combinações que apresentaram diferenças estatísticas significativas. Assim, na primeira linha vertical à esquerda, entende-se que a substância 1 difere da substância 2, 3, 5, 6, 7, 8 e 9. Nas outras colunas segue-se da mesma maneira.

As combinações que possuem o maior percentual de dissolução da polpa são: a) tempo de contato 60 minutos e NaOCl 2.5% (6); b) tempo de contato

de 60 minutos NaOCl 5.25% (9). Essas duas combinações não diferem significativamente entre si.

As concentrações de NaOCl (1 e 2.5%) com 10 minutos de contato não diferem significativamente do soro fisiológico.

Segundo o teste dms, existem diferenças entre as concentrações: a) Soro fisiológico e NaOCl 1%; b) Soro fisiológico e NaOCl 2.5%; c) Soro fisiológico e NaOCl 5.25%; d) NaOCl 1% e 5.25%; e) NaOCl 2.5 e 5.25%. Ou seja, não existe diferença significativa apenas entre as concentrações de 1% e 2.5%.

Existem diferenças entre os tempos de contato: a) 10 e 60 min; b) 30 e 60 min; ou seja, não existe diferença significativa apenas entre os tempos 10 e 30 min.